



**Hochschule  
Kaiserslautern**  
University of  
Applied Sciences



**Deutsches Zentrum  
DLR für Luft- und Raumfahrt**

## **Vorstellung und Analyse von Umschlagkonzepten und -technologien des Kombinierten Verkehrs unter besonderer Würdigung ihrer Tauglichkeit für ausgewählte Gütergruppen**

### **Bachelorarbeit**

Vorgelegt am:	07.02.2020
Fachbereich:	Angewandte Logistikwissenschaften
Studiengang:	Technische Logistik
Schwerpunkt:	Verkehrslogistik
Studienjahrgang:	TL12
 Vorgelegt von:	 <b>Sascha Alt (Matrikel-Nr.: 873043)</b>
 Betreuerin:	 Svenja Hainz, M. Sc.
Betreuender Dozent:	Prof. Dr. rer. oec. Rüdiger Grascht

**Gender-Erklärung**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Bachelorarbeit die Sprachform des generischen Maskulinums angewandt. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form als geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

## **Zusammenfassung und Abstract**

Mit stetig wachsendem Verkehrsaufkommen auf den Straßen, bedingt durch die Popularisierung von Just-in-Time-Lieferungen (JIT) und der Flexibilität von Transporten auf Straßenverkehrswegen hat das Konzept des Kombinierten Verkehrs als ökonomische sowie ökologische Alternative an Bedeutung gewonnen. Zu diesem Zweck werden stets neue Umschlagkonzepte und -techniken entwickelt. Mit Hilfe der standardisierten Klassifizierung für Güter im Transport (NST 2007) wurde daher untersucht, welche Konzepte und Techniken sich für welche Gütergruppen eignen. Dazu wurden die Gütergruppen nach Güterarten kategorisiert und deren mögliche Ladungsträger als Ladeeinheit analysiert. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass für jede Gütergruppe nach NST 2007 eine Vielzahl an Umschlagkonzepten- und Techniken zur Verfügung steht. Diese hängen primär von den Ladungsträgern der Güter ab.

With the steadily growing volume of traffic on the roads, also due to the popularization of just-in-time deliveries (JIT) and the flexibility of transport on road traffic routes, the concept of combined transport has gained in importance as an economic and ecological alternative. For this purpose, new handling concepts and techniques are constantly being developed. With the help of the standardized classification for goods in transport (NST 2007), it was examined which concepts and techniques are suitable for which goods groups. Therefore, the groups of goods were categorized by type of goods and their possible load carriers were analyzed as a loading unit. As a result it can be said that a variety of handling concepts and techniques are available for each goods group according to NST 2007. These depend primarily from the loadcarriers of the goods.

## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1. Einführung .....	1
1.1 Motivation .....	1
1.2 Aufgabenstellung und Ziel der Ausarbeitung .....	3
1.3 Aufbau und Struktur der Arbeit .....	4
2. Konzeptionelle Grundlagen zum Kombinierten Verkehr .....	4
2.1 Begrifflichkeiten und Ziele des Kombinierten Verkehrs.....	5
2.2 Komponenten und Variationen des Kombinierten Verkehrs .....	14
2.2.1 Huckepackverkehr .....	16
2.2.2 Containerverkehr .....	22
2.2.3 Die Rolle der Umschlagterminals im Kombinierten Verkehr ..	26
2.3 Die verschiedenen Güterarten .....	29
3. Umschlagkonzepte und -techniken im Kombinierten Verkehr .....	36
3.1 Eingrenzung der betrachteten Konzepte/Techniken .....	36
3.2 Vertikale Umschlagtechniken.....	37
3.3 Horizontale Umschlagkonzepte und -techniken.....	48
4. Zuordnung der Umschlagtechniken und Gütergruppen.....	59
4.1 Eingrenzung der betrachteten Gütergruppen.....	59
4.2 Methodik zur Zuordnung .....	61
4.3 Zuordnung der Gütergruppen nach NST 2007 .....	63
4.4 Bewertung der Ergebnisse.....	66
5. Fazit und Ausblick .....	67
Anhang.....	70
Literaturverzeichnis .....	90
Verzeichnis sonstiger Quellen .....	95
Eidesstattliche Erklärung.....	101

## Abkürzungsverzeichnis

a.n.g .....	<i>anderweitig nicht genannt</i>
ACTS.....	<i>Abrollcontainer-Transportsystem</i>
BAG.....	<i>Bundesamt für Güterverkehr</i>
CEMT .....	<i>Conférence Européenne des Ministres des Transports</i>
DUSS .....	<i>Umschlaggesellschaft Schiene-Straße mbH</i>
EC .....	<i>Europäische Kommission</i>
ECE.....	<i>Economic Commission for Europe</i>
EN .....	<i>Europäische Norm</i>
FK.....	<i>Fixkosten</i>
GVZ.....	<i>Güterverkehrszentrum</i>
ISU .....	<i>Innovativer Sattelanhänger Umschlag</i>
JIT .....	<i>Just-In-Time</i>
Kombiverkehr ...	<i>Deutsche Gesellschaft für kombinierten Güterverkehr mbH</i>
KraftStG.....	<i>Kraftfahrzeugsteuergesetz</i>
NIKRASA.....	<i>nicht-kranbare Sattelaufleger</i>
NST 2007 .....	<i>Standardisierte Klassifizierung für Güter im Transport</i>
Ro/Ro .....	<i>Roll-on/Roll-off</i>
RoLa.....	<i>Rollende Landstraße</i>
SGKV .....	<i>Studiengesellschaft für den Kombinierten Verkehr</i>
StVZO .....	<i>Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung</i>
TEU .....	<i>Twenty-foot Equivalent Unit</i>
THG.....	<i>Treibhausgas</i>
UN/ECE.....	<i>Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen</i>
VK .....	<i>Variable Kosten</i>
zGG .....	<i>zulässiges Gesamtgewicht</i>

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Prinzip des Kombinierten Verkehrs .....	7
Abbildung 2: Das Netz von Kombiverkehr .....	13
Abbildung 3: Prinzip der RoLa .....	17
Abbildung 4: Prinzip der Schwimmenden Landstraße .....	18
Abbildung 5: Abgestellter Planen-Wechselbehälter .....	19
Abbildung 6: Abbild eines Sattelauflegers .....	20
Abbildung 7: Kranverladung eines Sattelauflegers .....	21
Abbildung 8: Containerverladung auf einen Lkw-Chassis .....	24
Abbildung 9: Lkw-Verladung eines Abrollcontainers .....	26
Abbildung 10: Portalkran mit abgesetztem Spreader .....	39
Abbildung 11: Portalhubwagen .....	40
Abbildung 12: ISO-Containerverladung mit einem Containerstapler .....	41
Abbildung 13: Verladung eines Sattelauflegers mit dem Reachstacker ..	43
Abbildung 14: NIKRASA-Terminalplattform mit Wanne .....	44
Abbildung 15: Verladung eines Sattelauflegers mit NIKRASA .....	45
Abbildung 16: ISU-Stützbalkentraverse mit Sattelzapfen des Auflegers ..	46
Abbildung 17: Verbindung von Radgreifern und Spreader mit Hubseilen ..	47
Abbildung 18: Umschlag eines Abrollcontainers mittels ACTS .....	49
Abbildung 19: AWILOG-Absetzmulden auf Flachwagen .....	50
Abbildung 20: Verladung einer Ladeeinheit mit dem BOXmover-System ..	51
Abbildung 21: Konzept der Verladung mit dem BoxTango-System .....	52
Abbildung 22: CargoBeamer-Terminal .....	54
Abbildung 23: Megaswing-System .....	56
Abbildung 24: Transport mit dem Terminal Anywhere™-System .....	57
Abbildung 25: Vorgehensweise zur Zuordnung .....	61

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Vergleich durchschnittlicher THG-Emissionen je km .....	11
Tabelle 2: Charakteristika der Verkehrsträger .....	15
Tabelle 3: Die bekanntesten Containerarten und ihre Verwendung .....	25
Tabelle 4: Güterarten und ihre typischen Ladungsträger .....	36
Tabelle 5: Vertikale Umschlagtechniken .....	48
Tabelle 6: Horizontale Umschlagtechniken .....	59
Tabelle 7: Zuordnung der Güterart .....	63
Tabelle 8: Mögliche Ladungsträger der Güterarten .....	64
Tabelle 9: Zuordnung der möglichen Ladungsträger .....	65
Tabelle 10: Zuordnung der Umschlagtechniken und -konzepte .....	65

## 1. Einführung

### 1.1 Motivation

Ob Lkw, Güterzug oder Binnenschiff: Sie alle transportieren Güter von einem Start- zu einem Zielgebiet/-punkt. Verkettet man mindestens zwei dieser Transportmittel, liegt ein Kombierter Verkehr vor.<sup>1</sup> Im Zuge fortwährend steigender Verkehrsmengen seit Beginn des Online-Versandhandels und dem damit einhergehenden Trend zu Just-in-Time-Lieferungen (JIT) rückt dieser immer stärker in den Fokus.<sup>2</sup> Doch nicht allein der Online-Versandhandel ist ausschlaggebend für den Zuwachs des Verkehrs. Insbesondere im produzierenden bzw. industriellen Gewerbe erfährt das Thema der JIT-Lieferung und -Produktion im Zuge der globalisierten Transport-, Produktions- und Handelswege eine gestiegene Popularität. Durch das breit ausgebaute und angebundene Straßennetz sowie der damit korrespondierenden hohen Flexibilität der Lieferungen ist hier der Lkw das am stärksten genutzte Transportmittel.<sup>3</sup> 2007 wurde daher ein Zuwachs des Straßengüterverkehrs bis 2030 in Deutschland um jährlich 1,1% prognostiziert.<sup>4</sup> Im September 2019 hat das Bundesamt für Güterverkehr (BAG) eine Zunahme von 0,9% gegenüber dem Vorjahr errechnet. Für das Jahr 2020 wird ein Zuwachs des Güterverkehrsaufkommens von 1,9% prognostiziert, für das Jahr 2021 rund 1,5%.<sup>5</sup> Dabei entfielen 84,8% des Gütervolumens im Jahr 2019 auf den Straßengüterverkehr.<sup>6</sup>

Wachsendes Verkehrsaufkommen auf den Straßen führt jedoch zu Überlastungen. Aus ökonomischen Gesichtspunkten bedingt dies einen Zeitverlust zulasten von Empfänger und Lieferant, was für beide Parteien in etwaige finanzielle Verluste münden kann. Vor dem Hintergrund eines steigenden Bewusstseins für die Umwelt und einer damit korrespondierenden stär-

---

<sup>1</sup> Vgl. Seidelmann, 1997, S. 321.

<sup>2</sup> Vgl. Thaller et al., 2017, S. 444.

<sup>3</sup> Vgl. Ickert et al., 2007, S. 60.

<sup>4</sup> Vgl. Ickert et al., 2007, S. 99.

<sup>5</sup> Vgl. BAG, 2019, S. 1-2 (online).

<sup>6</sup> Vgl. BAG, 2019, S. 50 (online).



keren Verankerung ökologischer Themen im gesellschaftlichen Miteinander, sieht sich die Logistik auch neuen Herausforderungen konfrontiert. Ein effizientes Logistik-Management erfordert daher zusehends eine Berücksichtigung der mit den Transportwegen und -mitteln verbundenen Schadstoffemissionen bspw. in Form von CO<sub>2</sub>.<sup>7</sup>

Hier setzt das Konzept des Kombinierten Verkehrs an, das die Faktoren Effizienz, Nachhaltigkeit und Verkehrsentslastung miteinander verbindet.<sup>8</sup> Aber auch der Zeitfaktor kann durch die fest definierten Laufzeiten der Binnenschiff-, Flug- sowie Schienentransporte als ein entscheidender Mehrwert aufgrund der gewährleisteten Planungssicherheit angeführt werden.<sup>9</sup>

Die Vorteile des Kombinierten Verkehrs effizient nutzen zu können, impliziert zunächst jedoch, dass die Umschlagabläufe an den Terminals sowohl schnell als auch möglichst reibungslos durchgeführt werden. Um beim Faktor Transportdauer gegen die Direktverkehre auf der Straße mithalten zu können, ist es für die Betreiber der Terminals im Kombinierten Verkehr von Nöten, flexibel auf die Masse an Gütern und Ladungsträgern<sup>10</sup> mit entsprechender Umschlagtechnik reagieren zu können.<sup>11</sup> Dabei spielt das Identifizieren der Güter mit entsprechender Ausstattung ebenso eine wichtige Rolle wie der (teil-)automatisierte Umladevorgang.<sup>12</sup> Dies schlägt sich in einer Vielzahl an staatlich geförderten Entwicklungen von innovativen Umschlagkonzepten und -technologien nieder, die regelmäßig vorgestellt und auf den Markt gebracht werden.<sup>13</sup> Durch diese große Menge an Auswahlmöglichkeiten kann es für Verlager in Praxis und Forschung schwierig sein, das für das entsprechende Vorhaben am besten geeignete Konzept schnell und einfach zu identifizieren.

---

<sup>7</sup> Vgl. Koch, 2012, S. 293.

<sup>8</sup> Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2017, S. 1-4 (online).

<sup>9</sup> Vgl. SGKV, o. J., online.

<sup>10</sup> Ein Ladungsträger bezeichnet ein tragfähiges Hilfsmittel, mit dem Güter zu Ladeeinheiten zusammengefasst und transportiert sowie gelagert werden können (vgl. Clausen, Geiger, 2013, S. 128). Nähere Informationen zu Ladungsträgern vgl. Kapitel 2.2.

<sup>11</sup> Vgl. Hofmann, Mathauer, 2018, S. 48.

<sup>12</sup> Vgl. Koch, 1997, S. 103.

<sup>13</sup> Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2017, S. 1-3 (online).

All diese Gründe sprechen dafür, dass es für die Durchführer der Transporte umso wichtiger ist, die derzeitig angebotenen Umschlagtechniken im Kombinierten Verkehr genau zu kennen und einen Überblick darüber zu gewinnen, welche Güter er mit welcher Technik umschlagen kann, um die logistischen Prozesse im Versand optimal nutzen zu können.

## **1.2 Aufgabenstellung und Ziel der Ausarbeitung**

Vor diesem Hintergrund verfolgt diese Arbeit drei Ziele. Eine Diskussion darüber, welche Konzepte und Technologien für die Region Deutschland, Österreich und Schweiz am besten geeignet sind, erfordert in einem ersten Schritt eine ausführliche Auseinandersetzung mit den aktuell am Markt befindlichen respektive etablierten. Angesichts der hohen Dynamik des Kombinierten Verkehrs gilt es zudem, zukunftssträchtige Konzepte und Technologien zu identifizieren und hinsichtlich ihrer Güte zu bewerten. Eines der zentralen Ziele dieser Arbeit kann damit wie folgt formuliert werden:

*„Was sind die derzeitigen Umschlagtechniken und -konzepte im Kombinierten Verkehr?“*

In einem nächsten Schritt sollen die Umschlagtechniken und -konzepte genauer analysiert und entsprechend klassifiziert werden. Daher kann das zweite Ziel als folgende Frage formuliert werden:

*„Welche Merkmale haben diese Umschlagtechniken und -konzepte und in wieweit ähneln respektive unterscheiden sie sich?“*

Hierzu soll die standardisierte Klassifizierung für Güter im Transport (NST 2007) als Hilfsmittel herangezogen werden, in der eine Vielzahl an Gütern in Gütergruppen zusammengefasst sind. Dabei soll insbesondere erläutert werden, welche Güter mit der entsprechenden Technologie respektive dem entsprechenden Konzept umgeschlagen werden können. Ziel ist es daher, einen Überblick über die einzelnen Umschlagtechnologien und -konzepte und deren Eignung für die Gütergruppen zu schaffen.

Für die einzelnen Umschlagtechnologien und -konzepte soll darüber hinaus eine anschauliche Zuordnung zu den Gütergruppen nach NST 2007 erstellt

werden, mittels der die Nutzer herausfinden können, welche Technologien und Konzepte für welche Gütergruppen geeignet sind. Das dritte Ziel dieser Arbeit lautet daher wie folgt:

*„Wie und in welcher Form kann es Verladern erleichtert werden, eine Zuordnung der Umschlagkonzepte zu Gütergruppen vorzunehmen?“*

### **1.3 Aufbau und Struktur der Arbeit**

Zunächst wird durch Erläuterung der grundlegenden Aspekte des Kombinierten Verkehrs eine Wissensbasis geschaffen. Dabei werden neben den Variationen, in denen der Kombinierte Verkehr auftreten kann, sowohl die Verkehrsträger und deren Eigenschaften als auch die Gütergruppen und Ladungsträger, die transportiert werden sollen, skizziert. Hierbei wird auch auf die Terminals, in denen der Güterumschlag häufig stattfindet, eingegangen.

Im Anschluss daran werden die Umschlagtechniken und -konzepte herangezogen. Dazu wird die Technik, mit der der Umschlag abläuft, kurz beschrieben und die Ladungsträger, mit denen ein Umschlag möglich ist, aufgezählt. Zu jeder Technik erfolgt eine kurze Gegenüberstellung ihrer Vor- und Nachteile.

Darauf aufbauend erfolgt die Zuordnung der Gütergruppen zu den Techniken und Konzepten, mit denen der Umschlag möglich ist. Dazu wird zunächst untersucht, um welche Güterarten es sich bei den jeweiligen Gütergruppen handelt. Die Güterarten werden hiernach den Ladungsträgern, die diese transportieren können, zugeordnet, um schließlich den möglichen Umschlagtechniken und -konzepten zugewiesen zu werden. Der Ausblick und ein kurzes Fazit schließen die Arbeit ab.

## **2. Konzeptionelle Grundlagen zum Kombinierten Verkehr**

Im Folgenden wird der Kombinierte Verkehr zunächst definiert und anschließend in seinen Ausprägungen näher beschrieben. Neben den verschiedenen Logistikprozessen, mit denen der Kombinierte Verkehr einhergehen

kann, wird expliziter auf die Terminals eingegangen, in denen die Güter umgeschlagen werden. Zudem werden die Ladungsträger, die für den Gütertransport benötigt werden, näher erörtert. Maßgeblich im Transport ist jedoch das zu bewegendes Gut, weshalb in einem nächsten Schritt eine kurze Erläuterung des Güterbegriffs, auch unter Würdigung etwaiger Spezifika im Kombinierten Verkehr, erfolgt.

## 2.1 Begrifflichkeiten und Ziele des Kombinierten Verkehrs

Der Kombinierte Verkehr<sup>14</sup> bezeichnet Gütertransporte, bei denen die Güter durch einen Ladungsträger als komplette Ladeeinheiten<sup>15</sup> (beispielsweise in Containern) auf mindestens zwei Verkehrsmitteln (Schienenfahrzeug, Lkw, Binnenschiff, u. a.) befördert und in sogenannten *Terminals* umgeschlagen, also für den Weitertransport auf die entsprechenden Transportmittel umgeladen, werden.<sup>16</sup> Die Güter selbst werden dabei nicht umgeschlagen, d. h. sie verlassen während des gesamten Transportvorgangs die Ladeeinheiten nicht.<sup>17</sup> Da die Güter in ihren Ladeeinheiten auf mehrere Transportmittel verladen werden, handelt es sich beim Kombinierten Verkehr je nach Definition in der Literatur um einen *gebrochenen Verkehr* oder um einen *ungebrochenen Verkehr*.<sup>18</sup>

Bei der Frage, ob es sich beim Kombinierten Verkehr um einen gebrochenen Verkehr handelt oder nicht, besteht in der Literatur Dissens. KORF grenzt die beiden Begriffe voneinander ab und bezeichnet ausschließlich solche Verkehre als gebrochene Verkehre, bei denen das Ladegut selbst umgeschlagen wird und nicht inklusive des Ladungsträgers, also der gesamten Ladeeinheit.<sup>19</sup> Die Definitionen von MUCHNA et al. und BICHLER et al.

---

<sup>14</sup> In der Literatur ist auch von einem *Kombinierten Ladungsverkehr die Rede* (vgl. Kummer et al., 2010, S. 57).

<sup>15</sup> Als Ladungseinheit wird die Zusammenfassung von Gütern durch einen Ladungsträger zum Zweck des Transportes oder Umschlags bezeichnet. Die Ladeeinheit wird häufig nach dem entsprechenden Ladungsträger benannt (vgl. DIN 30781 Teil 1, S. 2). Nähere Erläuterungen zu den Ladeeinheiten vgl. Kapitel 2.2.

<sup>16</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 319.

<sup>17</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 603.

<sup>18</sup> Vgl. Clausen, Geiger, 2013, S. 193.

<sup>19</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 603

sagen aus, dass als *gebrochener Verkehr* solche Verkehre bezeichnet werden, bei denen das Ladegut das Transportmittel oder den Ladungsträger innerhalb eines Transportvorgangs wechselt, also auch selbst umgeschlagen wird.<sup>20</sup> Analog dazu gelten solche Verkehre als ungebrochene Verkehre, wenn kein Wechsel der Transportmittel stattfindet.<sup>21</sup> Dieser Arbeit liegen die Definitionen von MUCHNA et al. und BICHLER et al. zugrunde, da mit der Bezeichnung des Kombinierten Verkehrs als gebrochener Verkehr die Abgrenzung zu den Direktverkehren deutlicher wird.

Im Gegensatz zu den Direktverkehren, bei denen das Transportgut ohne Wechsel des Transportmittels direkt vom Sender zum Empfänger geliefert wird, bedarf es beim Kombinierten Verkehr sogenannter Umschläge der Güter zwischen den einzelnen Transporten.<sup>22</sup> Hierbei wird das Transportgut selbst oder mitsamt des Ladungsträgers unter Zuhilfenahme von Umschlagtechniken von einem auf das nächste Verkehrsmittel verladen.<sup>23</sup> Besonders sperrige Güter sowie Schütt- und Massengüter werden dabei über mehrere Verkehrsträger transportiert und mehrfach umgeschlagen.<sup>24</sup> Dieser Umschlag sollte so reibungslos wie möglich ablaufen, um dem steten Zeitdruck adäquat und flexibel zu begegnen sowie gleichzeitig die Personal- und Betriebskosten möglichst gering zu halten.<sup>25</sup>

Für die teilweise standardisierten Ladungsträger werden diverse Umschlagtechniken zur Erleichterung des Wechsels angeboten. Diese werden in Kapitel 3 der Arbeit ausführlich behandelt.

Die Terminals stellen im Kombinierten Verkehr die Schnittstellen zwischen den einzelnen Läufen des Transportes dar, da der Güterumschlag unter anderem in diesen durchgeführt werden kann.

Die Transportläufe selbst werden wiederum unterschieden. Als *Vorläufe* werden in der Logistik die Lkw-Transporte vom Versender zum Umschlag-

---

<sup>20</sup> Vgl. Bichler et al., 2017, S. 87 und Muchna et al., 2018, S. 145.

<sup>21</sup> Vgl. Muchna et al., 2018, S. 145.

<sup>22</sup> Vgl. Blom, 2003, S. 87 und Koch, 2012, S. 70.

<sup>23</sup> Vgl. Koch, 2012, S. 94.

<sup>24</sup> Vgl. Thaller et al., 2017, S. 444.

<sup>25</sup> Vgl. Koch, 2012, S. 95.

terminal bezeichnet. Äquivalent dazu heißen die Lkw-Transporte vom Umschlagterminal zu dem Empfänger *Nachläufe*. Der Haupttransport, also die Strecke mit der größten Distanz zwischen den Terminals, wird als *Hauptlauf* bezeichnet.<sup>26</sup> Hier ist zu beachten, dass in der Literatur eine Mindestentfernung von 300km (bis maximal 800km je nach Transport) für den Hauptlauf als Break-even-Point<sup>27</sup> angegeben wird.<sup>28</sup> Dieser Hauptlauf kann über weitere Verkehrsträger, beispielsweise per Binnenwasserstraße und Schienenverkehr oder auf dem Luftweg stattfinden. Abbildung 1 verdeutlicht diesen Zusammenhang beispielhaft.

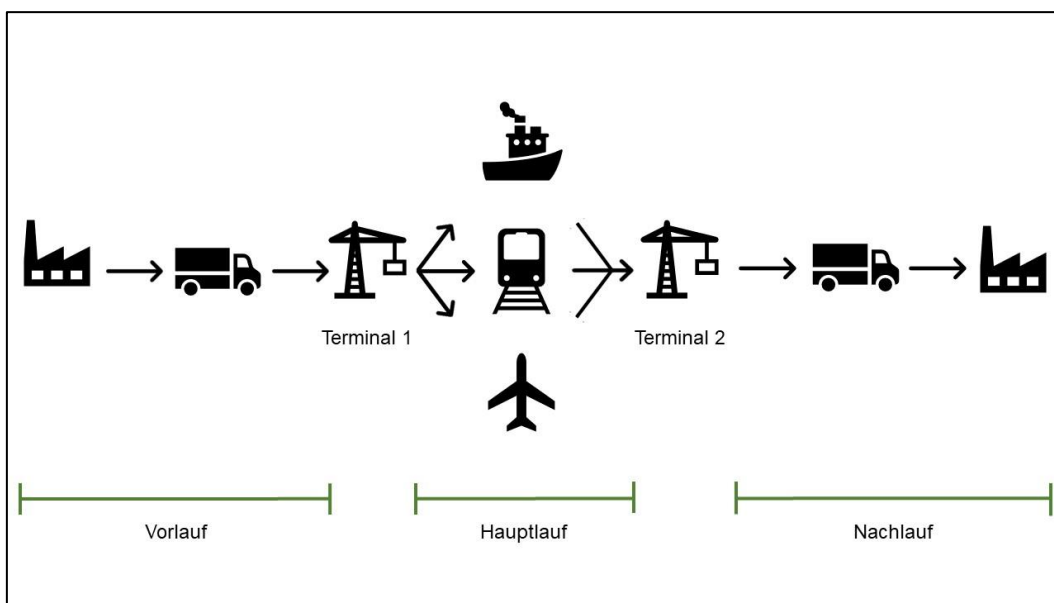


Abbildung 1: Prinzip des Kombinierten Verkehrs  
Quelle: In Anlehnung an Bektas, Crainic, 2007, S. 2.

In der Regel wird der Hauptlauf jedoch mit dem Binnenschiff oder dem Güterzug durchgeführt.<sup>29</sup> Dies ist in erster Linie damit zu begründen, dass beim Transport per Binnenschiff sowie mit dem Güterzug eine (sehr) große Menge an Transportgütern wie Massengüter, ebenso wie schwere oder

<sup>26</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 604.

<sup>27</sup> Als Break-even-Point wird der Punkt bezeichnet, an dem Gesamtkosten und Umsatz für die Durchführung eines Transportes erstmalig gleich hoch sind. Ab diesem Punkt ist die Durchführung rentabel (vgl. Kocian-Dirr, 2019, S. 331).

<sup>28</sup> Vgl. Arnold et al, 2008, S. 742 und Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 322.

<sup>29</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 320.

sperrige Stückgüter versendet werden können.<sup>30</sup> Zudem sind Transporte mit Flugzeugen sehr kostenintensiv.<sup>31</sup> Ein weiterer Grund sind die Schadstoffemissionen der Flugzeuge, die signifikant höher als die der anderen Verkehrsmittel sind.<sup>32</sup>

Dagegen ist zu erwähnen, dass der Transport von Gütern per Flugzeug durch dessen hohe Geschwindigkeit über große Distanzen bedeutend schneller abläuft als mit den anderen Verkehrsträgern. Dieser bietet sich vorrangig für eilige, empfindliche oder verderbliche Sendungen an.<sup>33</sup> Der gesamte Transport inklusive Vor-, Haupt- und Nachlauf ist dabei als eine mehrgliedrige Transportkette anzusehen.<sup>34</sup>

### **Begriffsabgrenzungen im Kombinierten Verkehr**

Sowohl im nationalen als auch im internationalen Sprachgebrauch finden im Zusammenhang mit dem Kombinierten Verkehr häufig die Begriffe *intermodaler Verkehr* (engl. *Intermodal transport*) und *multimodaler Verkehr* (engl. *Multimodal transport*) Verwendung.<sup>35</sup> So wird der multimodale Verkehr als ein Verkehr bezeichnet, bei dem Güter oder Personen über mindestens zwei verschiedene Verkehrsträger transportiert werden, wobei der Wechsel der Transportmittel in Terminals erfolgt.<sup>36</sup> Dies entspricht in etwa

---

<sup>30</sup> Vgl. Büter 2010, S. 244, 250-251 und Kummer et al. 2009, S. 286.

<sup>31</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 275.

<sup>32</sup> Vgl. Kranke, Schmied, Schön, 2011, S. 118.

<sup>33</sup> Vgl. zu den letzten beiden Sätzen Leitner, 2015, S. 9-10.

<sup>34</sup> Vgl. Kummer et al. 2010, S. 56.

<sup>35</sup> Die Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UN/ECE) hat diesbezüglich im Jahr 2001 beschlossen, die Begriffe intermodaler Verkehr und Kombiniertes Verkehr voneinander abzugrenzen und sie wie folgt definiert: *Intermodaler Verkehr*: „Transport von Gütern in ein und derselben Ladeeinheit oder demselben Straßenfahrzeug mit zwei oder mehreren Verkehrsträgern, wobei ein Wechsel der Ladeeinheit, aber kein Umschlag der transportierten Güter selbst erfolgt.“ (UN/ECE, 2001, S. 17 (online)). *Kombiniertes Verkehr*: „Intermodaler Verkehr, bei dem der überwiegende Teil der in Europa zurückgelegten Strecke mit der Eisenbahn, dem Binnen- oder Seeschiff bewältigt und der Vor- und Nachlauf auf der Straße so kurz wie möglich gehalten wird.“ (UN/ECE, 2001, S. 18 (online)).

<sup>36</sup> Vgl. Bektras, Crainic, 2007, S. 2.

VAHRENKAMPS Definition des Kombinierten Verkehrs.<sup>37</sup> Zu erwähnen ist jedoch, dass beim Kombinierten Verkehr der überwiegende Teil des Transportes in Europa auf der Binnenwasserstraße und der Schiene erfolgen soll.<sup>38</sup> Um die Vorteile multimodaler respektive kombinierter Verkehrsketten voll zu nutzen, sollten die Transportwege per Lkw möglichst gering gehalten werden.<sup>39</sup> KUMMER unterscheidet den Multimodalen Verkehr vom Kombinierten Verkehr mit der gleichen Argumentation.<sup>40</sup> Es besteht also zwischen den Begriffen intermodaler und multimodaler Verkehr sowie Kombiniertes Verkehr im Sinne der originären Bedeutung kein signifikanter Unterschied.<sup>41</sup>

Vom Kombinierten Verkehr ist je nach Definition der Autoren der Begriff *unimodaler Verkehr* jedoch abzugrenzen. So definiert KUMMER unimodale Verkehre als solche, bei denen der Transport ausschließlich mit einem Verkehrsträger durchgeführt wird. Nach dieser Definition sind Verkehre, die über die Kombination von See- und Binnenschiffen abgewickelt werden, keine Kombinierten Verkehre, da sie lediglich den Verkehrsträger Wasserstraße benutzen.<sup>42</sup>

In dieser Arbeit wird der Kombinierte Verkehr nach der Definition von KUMMER betrachtet, da das Verladen der Güter von See- auf Binnenschiffen aufgrund der unterschiedlichen Größen von Übersee- und EU-Binnencontainern<sup>43</sup> ein Umladen der Güter zwischen den Ladungsträgern selbst erfordert und dies nach KUMMER keinen Kombinierten Verkehr darstellt.<sup>44</sup> Demnach werden auch Überseetransporte mit Seeschiffen per se nicht weiter berücksichtigt, sondern ausschließlich die Seehafenhinterlandtransporte nach Verladen der Güter im Seehafenterminal. Weiterhin wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit ausschließlich von Kombiniertem Verkehr gesprochen.

---

<sup>37</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 319.

<sup>38</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 57.

<sup>39</sup> Vgl. Seidelmann, 1997, S. 323.

<sup>40</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 57.

<sup>41</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 603 und Seidelmann, 1997, S. 321.

<sup>42</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 56.

<sup>43</sup> Nähere Erläuterungen folgen in Kapitel 2.2.2.

<sup>44</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 209.



## **Zielsetzung des Kombinierten Verkehrs**

Ziel des Kombinierten Verkehrs ist die Reduzierung des Verkehrs auf den Straßen sowie dessen effiziente und nachhaltige Gestaltung.<sup>45</sup> Um dies zu erreichen, soll eine Verlagerung der Transporte von der Straße auf die Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße erfolgen.<sup>46</sup> Dies soll in erster Linie dem stetig wachsenden Verkehr auf der Straße und damit der Überlastung dieser entgegenwirken.<sup>47</sup>

Darüber hinaus sind die Schadstoffemissionen (insbesondere Treibhausgasemissionen (THG)) der Binnenschiffe und Güterzüge pro Tonnenkilometer (tkm) um ca. zwei Drittel geringer als die der Lkw-Transporte auf der Straße. Die THG im Flugverkehr liegen dabei bedeutend höher. Das Flugzeug stößt dabei ca. achtmal mehr THG aus als der Transport per Lkw verursachen würde.<sup>48</sup> Diese Verlagerung der Verkehre auf die Schiene und Binnenwasserstraße kann die Schadstoffausstoße nachhaltig senken.<sup>49</sup> Tabelle 1 fasst die Treibhausgasemissionen der einzelnen Transporte anschaulich zusammen.

Zuletzt sei noch auf den Aspekt der Transportsicherheit hingewiesen. Der Gütertransport über Schienen und Wasserstraßen vermindert das Risiko von Verkehrsunfällen durch dessen Spurbindung, eine stete Transportüberwachung und eine zentrale Steuerung des Betriebs. Dadurch können die Versender Zeitkosten einsparen und vermindern das Risiko von Lieferverzögerungen und zusätzlichen Verzugskosten durch Verunfallen der Transportmittel.<sup>50</sup> Die ständige Überwachung der Transporte vermindert zudem das Risiko von Diebstählen.<sup>51</sup>

---

<sup>45</sup> Vgl. Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur, 2017, S. 1.

<sup>46</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 603.

<sup>47</sup> Vgl. Arnold, 2008, S. 763.

<sup>48</sup> Vgl. Kranke, Schmied, Schön, 2011, S. 118.

<sup>49</sup> Vgl. Harris, Wang, Wang, 2015, S. 89.

<sup>50</sup> Vgl. SGKV, o. J., online.

<sup>51</sup> Vgl. Seidelmann, 2010, S. 65.

Transportmittel	THG-Emissionen im Schnitt (in g CO <sub>2</sub> -Emissionen je tkm)
Lkw	67,2
Elektro-Güterzug	18,5
Binnenschiff	16,6
Flugzeug	538,5
Lkw (24-40t zulässiges Gesamtgewicht (zGG Durchschnittsgut, Topografie hügelig, Deutschland)) Mittlerer Zug (1.000t, 500m), Durchschnittsgut, Topografie hügelig, Deutschland Großmotorschiff (Kapazität 2.300t, 208 Twenty-foot Equivalent Units (TEU), Rhein, Berg- und Talfahrt, Container-Durchschnittsgut)) Frachtflugzeug, Langstrecke (8.000km)	

Tabelle 1: Vergleich durchschnittlicher THG-Emissionen je km  
Quelle: In Anlehnung an Kranke, Schmied, Schön, 2011, S. 118.

Der Flugverkehr wird wegen seiner geringen Eignung als Alternative zum Straßenverkehr unter anderem aufgrund der hohen Kosten und THG-Emissionen, im weiteren Verlauf dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

### Sonderregelungen und Subventionen für den Kombinierten Verkehr

Zur Reduzierung von THG-Emissionen wurden von der Bundesrepublik Deutschland diverse Projekte gestartet, die eine Reduzierung der Gütertransporte mit Transportmitteln mit hohem CO<sub>2</sub>-Ausstoß nach sich ziehen. Das Bundesverkehrsministerium hat bereits im Jahr 2008 das Ziel deklariert, den Verkehr von der Straße verstärkt auf die Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße zu verlagern.<sup>52</sup> Dieses Ziel findet sich im Aktionsplan *Güterverkehr und Logistik 2018* wieder.<sup>53</sup> Damit diese Umverteilung gelingen kann, muss der Gütertransport im Kombinierten Verkehr für Unternehmen attraktiv gestaltet werden.<sup>54</sup> Aus diesem Grund subventioniert die Bundesrepublik Deutschland für private Investoren bis zu 80% der Ausgaben für deren Aus- und Neubau von Umschlagzentren.<sup>55</sup> Weiterhin wird die stärkere Zusammenarbeit sowie eine verbesserte Transparenz über die Transportangebote der Verkehrsträger Schiene und Straße angestrebt. Dazu

<sup>52</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 603.

<sup>53</sup> Vgl. Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur, 2017, S. 7 u. 34.

<sup>54</sup> Vgl. Gudehus, 2012, S. 1020.

<sup>55</sup> Vgl. Bundesministerium für Verkehr und Infrastruktur, 2017, S. 35.

werden beispielsweise Online-Plattformen entwickelt, die die Verkehrsträger miteinander verknüpfen und den Zugang zum Kombinierten Verkehr erleichtern sollen.<sup>56</sup> Um die kombinierten Transporte auch kostentechnisch attraktiv zu gestalten, existieren gesetzliche Sonderregelungen für den Kombinierten Verkehr. So gilt im Kombinierten Verkehr für die Lkw-Vor- und -Nachläufe ein zulässiges Gesamtgewicht von 44t gegenüber den generell erlaubten 40t.<sup>57</sup> Durch das Transportieren größerer Mengen können Fahrten eingespart und damit Transport- und Personalkosten reduziert werden.<sup>58</sup> Weiterhin sind Lkw von der Kfz-Steuer befreit, die im Vor- und Nachlauf des Kombinierten Verkehrs eingesetzt werden, was zusätzlich zu Kosteneinsparungen für die Durchführer der Transporte führt.<sup>59</sup> Als letzter Aspekt ist der Wegfall der Fahrverbote für Lkw im Vor- und Nachlauf an Sonn- und Feiertagen sowie in der Ferienzeit zu erwähnen.<sup>60</sup> Dies spiegelt sich in Zeit- und Kosteneinsparungen wider.<sup>61</sup> Zu beachten ist dabei, dass die mit dem Lkw zurückgelegte Distanz von maximal 200km im Schiene-Straßen-Transport respektive 150km im Hafen-Straße-Verkehr nicht überschritten werden darf.<sup>62</sup>

### **Organisation im Kombinierten Verkehr**

Organisiert wird der Kombinierte Verkehr von diversen Speditionen, Operateuren und Eisenbahnunternehmen sowie Reedereien. Zu den bekanntesten zählt die im Jahr 1969 gegründete *Deutsche Gesellschaft für kombinierten Güterverkehr* (Kombiverkehr), deren Hauptgeschäft in der Organisation, Vermarktung und Neuentwicklung von Dienstleistungen auf dem Verkehrsträger Schiene liegt.<sup>63</sup> Kombiverkehr betreibt das sogenannte Schienennetz

---

<sup>56</sup> Vgl. Allianz pro Schiene, 2019, online.

<sup>57</sup> Vgl. 53. Ausnahmeverordnung zur StVZO, 1997, §1 Abs. 1.

<sup>58</sup> Vgl. SGK, o. J., online.

<sup>59</sup> Vgl. Kraftfahrzeugsteuergesetz (KraftStG), 2012, § 3 Nr. 9.

<sup>60</sup> Vgl. Straßenverkehrsordnung (StVO), 2013, § 30 Abs. 3.

<sup>61</sup> Vgl. SGK, o. J., online.

<sup>62</sup> Vgl. Straßenverkehrsordnung (StVO), 2013, § 30 Abs. 3 Nr. 1 und 1a.

<sup>63</sup> Vgl. Clausen, Geiger, 2013, S. 261.

2000+, das die Wirtschaftszentren innerhalb Deutschlands und den angrenzenden Ländern über Nacht verbindet.<sup>64</sup> Abbildung 2 stellt das Netz von Kombiverkehr in Deutschland dar.

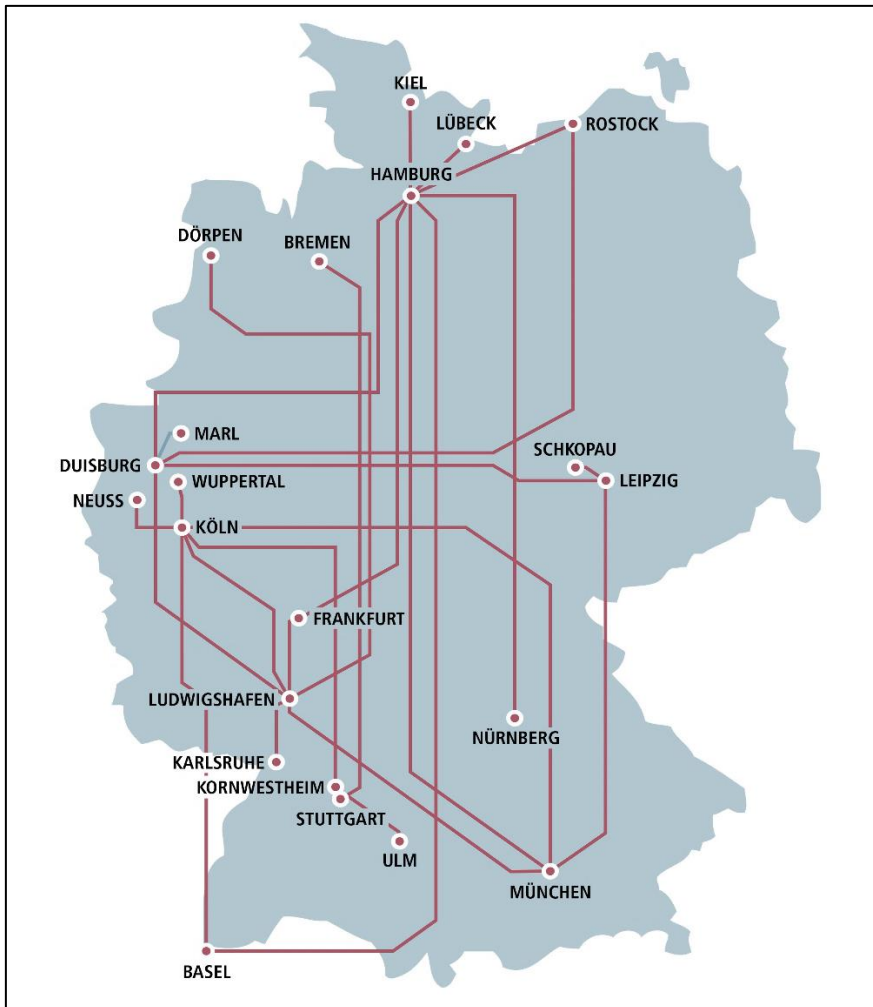


Abbildung 2: Das Netz von Kombiverkehr  
Quelle: Kombiverkehr, 2019 (online).

Als weiteres Unternehmen ist die ebenfalls 1969 gegründete *TFG Transfracht* zu erwähnen. Sie führt die Containerverkehre für Reeder und Spediteure von den deutschen Seehäfen zu den Empfängern in Deutschland, Österreich und der Schweiz mit dem sogenannten *Albatros-Express-Germany* durch.<sup>65</sup>

<sup>64</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 324.

<sup>65</sup> Vgl. Transfracht, 2019, online.

Neben den Streckennetzen werden auch die Terminals von diversen Unternehmen und Gesellschaften organisiert und betrieben. Hier ist besonders das im Jahr 1982 gegründete Eisenbahninfrastrukturunternehmen, die *Umschlaggesellschaft Schiene-Straße mbH* (DUSS), zu nennen. Das Hauptaugenmerk von DUSS liegt auf der Planung, Bauung und Gestaltung sowie dem Betrieb von Umschlagterminals für die Verbindung der Verkehrsträger Schiene und Straße.<sup>66</sup>

Von einer Skizzierung weiterer Terminalbetreiber wird in dieser Arbeit im Nachfolgenden abgesehen, da der Fokus auf den Umschlagtechniken und -konzepten in- und außerhalb der Terminals liegt.

## 2.2 Komponenten und Variationen des Kombinierten Verkehrs

Mit dem Kombinierten Verkehr wird versucht, die spezifischen Vorteile der einzelnen Verkehrsträger miteinander zu verbinden und auszunutzen.<sup>67</sup> Dabei werden die Verkehrsträger Straße, Schiene und Binnenwasserstraße unterschieden.<sup>68</sup> Charakteristisch für den Transport per Lkw sind die flexiblen Lieferzeiten, die vergleichsweise niedrigen Gesamtkosten und die hohe Verfügbarkeit der Verkehrsmittel.<sup>69</sup> Dagegen besitzen Güterzüge und Binnenschiffe eine hohe Ladekapazität und sind daher besser für Transporte mit Massengütern geeignet.<sup>70</sup> Allerdings geht mit dem Versand via Binnenschiff eine hohe Transportzeit einher.<sup>71</sup> Tabelle 2 stellt die Charakteristika der Verkehrsträger anschaulich gegenüber.

---

<sup>66</sup> Vgl. Deutsche Bahn, 2017, online.

<sup>67</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 59.

<sup>68</sup> Die Rohrleitungsverkehre (Pipelinesysteme) werden aufgrund ihrer geringen Bedeutung im Kombinierten Verkehr in dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

<sup>69</sup> Vgl. Leitner, 2015, S. 5.

<sup>70</sup> Vgl. Schönknecht, 2009, S. 5.

<sup>71</sup> Vgl. Leitner, 2015, S. 8 und Kummer et al., 2010, S. 109.

	<b>Straße</b>	<b>Schiene</b>	<b>Binnenschiff</b>
Transportgeschwindigkeit	Mittel-hoch	Gering-mittel	Gering
Transportweite	Gering-mittel	Mittel	Mittel
Ladekapazität	Gering	Hoch	Hoch
Verfügbarkeit und Flexibilität	Hoch	Mittel	Gering
Schadstoff-emissionen <sup>72</sup>	Mittel	Gering	Gering
Kostenstruktur	Geringe FK, mittlere VK	Hohe FK, geringe VK	Hohe FK, geringe VK

FK = Fixkosten; VK = variable Kosten

Tabelle 2: Charakteristika der Verkehrsträger  
Quelle: In Anlehnung an Kummer et al., 2009, S. 286.

Um die einzelnen Verkehrsträger miteinander zu verbinden und damit die jeweiligen Vorteile nutzen zu können, werden verschiedene Möglichkeiten im Kombinierten Verkehr angeboten.<sup>73</sup> Dabei wird zwischen *Huckepackverkehr* und *Containerverkehr* unterschieden.<sup>74</sup> In der Literatur wird üblicherweise auch nach *begleitetem* und *unbegleitetem Kombinierten Verkehr* unterschieden.<sup>75</sup> Als *begleiteter Kombiniertes Verkehr* werden Transporte mit selbstständigen Transporteinheiten (z.B. Lkw-Züge) bezeichnet, bei denen die Frachtführer respektive Fahrer die Transporteinheiten in Liegewagen begleiten. Im Gegenzug spricht man von *unbegleitetem Kombinierten Verkehr*, wenn unselbstständige Ladungsträger als Ladeeinheiten (z. B. Container) transportiert werden.<sup>76</sup>

Da der Fokus dieser Arbeit auf den Techniken und Konzepten im Umschlag von Gütern und Ladeeinheiten auf dem unbegleiteten Verkehr liegt, wird von dieser weiteren Untergliederung im Nachfolgenden abgesehen.

<sup>72</sup> Vgl. Kranke, Schmied, Schön, 2011, S. 118.

<sup>73</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 736

<sup>74</sup> Vgl. Leitner, 2015, S. 11.

<sup>75</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 607.

<sup>76</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 58.

### 2.2.1 Huckepackverkehr

Im Kombinierten Verkehr werden Transportketten aus mehr als zwei Verkehrsmitteln unterschiedlicher Verkehrsträger gebildet.<sup>77</sup> Werden die Verkehrsmittel (oder selbstständige Teile dieser) eines Verkehrsträgers auf die eines anderen Verkehrsträgers verladen und im Hauptlauf über große Distanzen transportiert, wird dies als *Huckepacktransport* bezeichnet.<sup>78</sup> Bei diesem Transport werden die Erscheinungsformen *Rollende Landstraße*, *Schwimmende Landstraße* sowie die Transporte von *Sattelaufliegern* und *Wechselbehältern* unterschieden.<sup>79</sup>

#### Rollende Landstraße

Die *Rollende Landstraße* (RoLa) ist eine spezielle Form der Huckepackverkehre. Dabei werden Lkw, ganze Last- und Sattelzüge oder Pkw<sup>80</sup> als Ladeeinheiten auf Eisenbahnwaggons, sogenannte Niederflurwagen, verladen und transportiert.<sup>81</sup> Das Aufladen dieser Fahrzeuge erfolgt dabei über spezielle Rampen, über die sie von den Fahrern gefahren werden. Dadurch werden keine zusätzlichen infrastrukturellen Umschlagtechniken benötigt.<sup>82</sup> Die Fahrer der Straßenfahrzeuge reisen bei dem Transport im Regelfall in speziellen Liege- bzw. Schlafwagen mit (vgl. Begleiteter Verkehr).<sup>83</sup> Die Beförderungsdauer, also die Zeit, die die Fahrer begleitend auf dem befördernden Transportmittel verbringen, wird dabei als Ruhezeit gemäß Arbeitszeitgesetz gewertet, was insbesondere Zeitvorteile nach sich zieht.<sup>84</sup> Jedoch muss hierbei erwähnt werden, dass der Anteil an mitgeführter Totlast, auf-

---

<sup>77</sup> Vgl. Gudehus, 2012, S. 1020.

<sup>78</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 736.

<sup>79</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 58 und Leitner, 2015, S. 11.

<sup>80</sup> Nicht, wenn es sich um Neufahrzeuge als Handelsware handelt. (vgl. Kummer et al. 2010, S. 58).

<sup>81</sup> Vgl. Kummer et al, 2010, S. 58 und Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 321.

<sup>82</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 606.

<sup>83</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 321.

<sup>84</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 606 und Transfracht, 2019, online.

grund des Mittransportes der Zugmaschinen (ausgenommen Pkw-Transporte), im Verhältnis zur tatsächlichen Nutzlast hoch ist.<sup>85</sup> Im Zielterminal werden die Fahrzeuge wieder über Rampen abgeladen und von den Fahrern zum Zielgebiet gefahren.<sup>86</sup> Abbildung 3 veranschaulicht das Prinzip der RoLa.

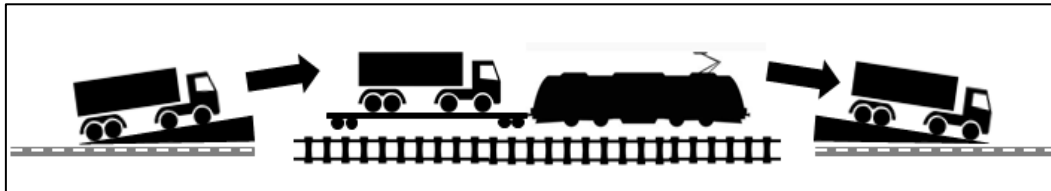


Abbildung 3: Prinzip der RoLa  
Quelle: In Anlehnung an Haasis, S. 118.

### Schwimmende Landstraße

Die *Schwimmende Landstraße* (in der Literatur häufig *Roll-on-/Roll-off-Verkehr* (Ro/Ro-Verkehr<sup>87</sup>) genannt) stellt im Grunde das äquivalente Gegenstück zur RoLA der Binnenwasserstraßen dar.<sup>88</sup> Die transportierenden Verkehrsmittel stellen spezielle Ro/Ro-Schiffe dar, in denen die Fahrzeuge oder eigenständige Teile dieser verladen werden.<sup>89</sup> Wie bei der RoLa können dies Lkw, ganze Last- und Sattelzüge oder Pkw sein. Zusätzlich können auch einzelne Eisenbahnfahrzeuge und Sattelaufleger auf die Ro/Ro-Schiffe aufgeladen werden.<sup>90</sup> Im Gegensatz zur RoLa fahren die Fahrer der verladenen Fahrzeuge jedoch nicht mit. Dies ist auf rechtliche und sicherheitstechnische Gründe zurückzuführen.<sup>91</sup> Die Fahrzeuge, die mit Zugmaschine verladen wurden, werden im Zielterminal aus

<sup>85</sup> Vgl. Haasis, 2008, S. 118.

<sup>86</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 606.

<sup>87</sup> Da das Umschlagverfahren der RoLa in der Literatur ebenfalls als Ro/Ro-Verkehr bezeichnet wird, findet in hiesiger Arbeit die Bezeichnung *Schwimmende Landstraße* für diese Art des Transports Verwendung (Vgl. Brügelmann, 2003, S.76).

<sup>88</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 736.

<sup>89</sup> Vgl. Daduna, 2003, S. 194.

<sup>90</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 58.

<sup>91</sup> Vgl. Hasenbilcher et al., 2019, S. 189.



dem Ro/Ro-Schiff über Rampen gefahren.<sup>92</sup> Die Sattelaufleger und Eisenbahnfahrzeuge, die nicht selbstständig fahren können, werden mit zusätzlich mitgeführten Zugmaschinen aus den Ro/Ro-Schiffen gezogen.<sup>93</sup> Abbildung 4 spiegelt das Prinzip der Schwimmenden Landstraße wider.

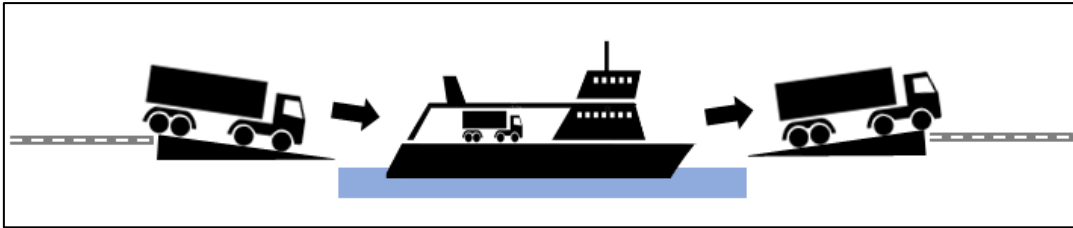


Abbildung 4: Prinzip der Schwimmenden Landstraße  
Quelle: Eigene Darstellung.

## Wechselbehälter

Die *Wechselbehälter* (in der Literatur auch als Wechselbrücken oder Wechselaufbauten bezeichnet) sind unselbstständige Ladungsträger, die sowohl im Huckepack- als auch im Containerverkehr eingesetzt werden.<sup>94</sup> Diese sind vom Zugfahrzeug bzw. Anhänger trennbare und tauschbare Ladungsträger mit klappbaren Ständern, die ein Abstellen sowie Be- und Entladen ohne Anwesenheit des Zugfahrzeuges bzw. Anhängers ermöglichen. Sie sind in Deutschland und Europa eine bedeutende Ladeinheit im Kombinierten Verkehr.<sup>95</sup> Wechselbehälter werden in Planen- und Stahlkofferbehälter untergliedert. Letztere weisen eine höhere Stabilität und eine geminderte Druckempfindlichkeit auf, was aufgrund der beim Transport auftretenden hohen Belastungen zu einer höheren Ladungssicherung beiträgt.<sup>96</sup> Zusätzlich besitzen alle Wechselbehälter an der Unterseite verstärkte Leisten für die Greifzangen des Ladegeschirrs von Portalkränen, mit denen ein reibungsloser Wechsel der Transportmittel

<sup>92</sup> Vgl. Warmer, 2018, S.12.

<sup>93</sup> Vgl. Daduna, 2003, S. 194.

<sup>94</sup> Vgl. Leitner, 2015, S. 11.

<sup>95</sup> Vgl. zu den Ausführungen der letzten beide Sätze Buchholz, Clausen, 2009, S. 102.

<sup>96</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 747.

erfolgen kann.<sup>97</sup> Abbildung 5 zeigt einen abgestellten und geöffneten Planen-Wechselbehälter.



Abbildung 5: Abgestellter Planen-Wechselbehälter  
Quelle: Hanrieder, o. J., online.

Die genormten Wechselbehälter besitzen im Vergleich zu anderen Transporttechniken im Kombinierten Verkehr ein gutes Verhältnis von Nutz- und Totlast, was ihnen eine bedeutsame wirtschaftliche Rolle zukommen lässt.<sup>98</sup> Dies liegt unter anderem daran, dass ihre Maße auf denen von Europoolpaletten<sup>99</sup> (Europalette) abgestimmt sind.<sup>100</sup> Zudem sind die Wechselbehälter bis zu dreifach stapelbar, was gerade beim Transport mit Binnenschiffen, auf denen üblicherweise Container übereinandergestapelt transportiert werden, einen entscheidenden Vorteil darstellt.<sup>101</sup> Dagegen ist zu beachten, dass das Ab- respektive Aufnehmen der Wechselbehälter durch die Fahrzeuge und Anhänger aufgrund des benötigten Raumes zum

<sup>97</sup> Vgl. Heinrich, 2009, S. 312.

<sup>98</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 608.

<sup>99</sup> Europaletten sind europagenormte (EN), tragfähige Holzstapelpaletten aus dem Europool- Tauschsystem. Sie besitzen die Einheitsmaße 1200 x 800 x 144mm (Länge x Breite x Höhe) (Vgl. Kummer et al., 2010, S. 209).

<sup>100</sup> Vgl. Bucholz, Clausen, 2009, S. 102.

<sup>101</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 747.

Rangieren nur auf entsprechenden Plätzen wie Speditionshöfen oder Autobahnrastplätzen möglich ist.<sup>102</sup>

### **Sattelauflieger**

Der *Sattelzug*, bestehend aus der temporären Kopplung zwischen einer Zugmaschine und dem unmotorisierten Sattelauflieger<sup>103</sup>, ist ein wichtiges Verkehrsmittel im Straßengüterverkehr. Rund 70% der Gütertransporte werden mit Sattelzügen abgefertigt.<sup>104</sup> Der Transport von einzelnen Sattelaufliegern stellt im Kombinierten Verkehr einen eigenen Aspekt des Huckepacktransportes dar.<sup>105</sup> Im Gegensatz zur Rollenden Landstraße, bei der ganze Sattelzüge verladen werden, wird hier nur der unmotorisierte Sattelauflieger auf die Eisenbahnfahrzeuge und Schiffe aufgeladen und transportiert.<sup>106</sup> Abbildung 6 zeigt einen typischen Sattelauflieger.



Abbildung 6: Abbild eines Sattelauflegers  
Quelle: Colourbox, o. J., online.

<sup>102</sup> Vgl. Buchholz, Clausen, 2009, S. 103.

<sup>103</sup> Ein *Sattelauflieger* (*Sattelanhängen*) ist ein Fahrzeug zum Transport von Gütern ohne eigenen Antrieb, welches an ein Kraftfahrzeug (Zugmaschine) gekoppelt wird und dabei der wesentliche Teil seines Gewichts und der Last auf dem Kraftfahrzeug liegt (vgl. CEMT, 2015, S. 72).

<sup>104</sup> Vgl. Elbert, Reinhardt, 2016, S. 1.

<sup>105</sup> Vgl. Korf, 2008, S. 605 und Leitner, 2015, S. 11.

<sup>106</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 321.

Sattelaufleger gibt es in diversen Ausführungen, die für den Transport bestimmter Güterarten eingesetzt werden können. So sind beispielsweise Siloaufleger für trockene Schüttgüter und Tankaufleger für Flüssigkeiten die Regel. Dabei muss zwischen kranbaren und nichtkranbaren Sattelauflegern unterschieden werden. Die kranbaren Sattelaufleger werden an ihren unteren vier Greifkanten durch einen Kran im Umschlagterminal angehoben und auf die Transportfahrzeuge verladen.<sup>107</sup> Abbildung 7 zeigt diese Verladung beispielhaft.



Abbildung 7: Kranverladung eines Sattelauflegers  
Quelle: eurotransport, 2019, online.

Im Gegensatz dazu besitzen nichtkranbare Sattelaufleger keine Greifkanten und können daher nicht von einem Kran angehoben werden.<sup>108</sup> Sie werden mit speziellen Techniken auf die Fahrzeuge horizontal, also ohne Anheben, aufgeladen.<sup>109</sup> Da der größte Teil der in Deutschland, Österreich und der Schweiz eingesetzten Sattelaufleger nicht kranbar ist, erfordert dies stets eine (Weiter-)Entwicklung von gezielt auf diese Ladeeinheiten ausgerichteten Techniken.<sup>110</sup> Diese werden in Kapitel 3 näher erläutert. Am Zielumschlagterminal werden die Sattelaufleger dann

<sup>107</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesem Absatz Arnold et al., 2008, S. 747 und Leitner, 2015, S. 11.

<sup>108</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 747.

<sup>109</sup> Vgl. Elbert, Reinhardt, 2016, S. 1.

<sup>110</sup> Vgl. Elbert, Reinhardt, 2016, S. 1 und Kummer et al., 2010, S. 59.

wiederum entweder per Kran oder mit speziellen Techniken abgeladen und mit Zugmaschinen gekoppelt, die diese zum Zielgebiet transportieren.<sup>111</sup>

In dieser Arbeit werden Tank- und Siloaufleger sowie Kühlaufleger getrennt von anderen Sattelauflegern aufgelistet, da diese sich in ihrer Fähigkeit, bestimmte Güter zu transportieren, unterscheiden. Weiterhin werden für deren Umschlag bestimmte Techniken und Flurfördermittel genutzt. Auf eine weitere Untergliederung der Sattelaufleger wird verzichtet, da diese sich in ihrer Umschlagtechnik nicht oder nur geringfügig voneinander unterscheiden.

### 2.2.2 Containerverkehr

Das Gegenstück zum Huckepackverkehr stellt im Kombinierten Verkehr der *Containerverkehr* dar.<sup>112</sup> Bei diesem werden im Gegenzug zum Huckepackverkehr nur einzelne Ladungsträger von einem Transportmittel auf ein anderes verladen.<sup>113</sup> Als Ladungsträger fungieren dabei ISO-Container<sup>114</sup>, Abrollcontainer, aber auch die in Kapitel 2.2.1 erläuterten Wechselaufbauten.<sup>115</sup>

Die ISO-Container gibt es dabei in diversen Varianten. Sie werden bezüglich ihrer Größe, ihres Verwendungszwecks und der Transportart unterschieden.<sup>116</sup> Die Container sind jedoch alle aufgrund der wachsenden Bedeutung für den weltweiten Transport in ihren Maßen standardisiert, also ISO-genormt.<sup>117</sup> Die am häufigsten im globalen Handel verwendeten ISO-Container sind der 20ft-ISO-1-Container<sup>118</sup> (20ft-Container) und der 40ft-ISO-1-Container (40ft-Container).<sup>119</sup> Die Maßeinheit für die Ladekapazität

---

<sup>111</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 58.

<sup>112</sup> Vgl. Leitner, 2015, S. 11.

<sup>113</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 747.

<sup>114</sup> ISO = International Organisation for Standardisation.

<sup>115</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 737.

<sup>116</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 209-210 und Warmer, 2018, S. 12.

<sup>117</sup> Vgl. Fransoo, Lee, 2013, S. 254.

<sup>118</sup> 1ft entspricht einer Länge von 30,48cm; 20ft = 6,069m, 40ft = 12,192m.

<sup>119</sup> Vgl. Warmer, 2018, S. 12.

bildet dabei der 20ft-Container (1TEU).<sup>120</sup> Die Einheit TEU bedeutet dabei *Twenty-foot equivalent Unit* und entspricht der Abmessung eines 20ft-Containers. Ein Binnenschiff mit der Ladekapazität von 10 TEU kann demnach zehn 20ft-Container aufladen.

Die 20ft- und 40ft-Container sind aus festem Stahl gebaut, einem Stahlrahmenkonstrukt, das die Lasten trägt und besitzen Türen an den Stirnwänden und Beschläge an den acht Ecken, wodurch sie stapelbar sind.<sup>121</sup> Dies ist insbesondere in der Binnenschifffahrt von großer Bedeutung, da aus wirtschaftlicher Sicht mit einer Überfahrt eine möglichst große Anzahl von Fracht verschifft und im Zielbinnenhafen möglichst schnell gelöscht<sup>122</sup> werden soll.<sup>123</sup> Weiterhin bedarf es beim Verladen von 20- und 40ft-Containern keiner zusätzlichen Umschlagtechnik, da diese durch ihre standardisierte Bauweise mit Kranen umgeschlagen werden können.<sup>124</sup> Nachteilig ist jedoch anzumerken, dass die 20ft- und 40ft-Container nicht auf Europaletten-Maße abgestimmt sind.<sup>125</sup> Die Innenbreite dieser Container beträgt 2,33m<sup>126</sup>. So kann beim Transport von Europaletten in diesen Containern der Laderaum zu knapp 77,3% ausgenutzt werden und muss zusätzlich mit Füllmaterial zur Ladungssicherung aufgefüllt werden.<sup>127</sup>

Aus diesem Grund wurde der 20ft-ISO-2-Container (EU-Binnencontainer) für den innereuropäischen Binnentransport eingeführt. Dieser besitzt die gleiche Bauweise (Beschläge an allen Ecken, eine Stahlrahmenkonstruktion sowie Türen an den Stirnwänden) und die gleiche Länge wie der 20ft-Container. Allerdings sind seine Innenmaße (2,44m Innenbreite)<sup>128</sup> genau auf Europaletten abgestimmt, was eine größere Außenbreite nach sich

---

<sup>120</sup> Vgl. Warmer, 2018, S. 12.

<sup>121</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 747 und Freek, Kraft, Süselbeck, 2017, S. 16.

<sup>122</sup> *Löschen* bezeichnet in der Schifffahrt das Abladen der Fracht von Schiffen (Vgl. Friedrichson, 1879, S.192).

<sup>123</sup> Vgl. Koller, Pfüger, Roestel, 2006, S. 33.

<sup>124</sup> Vgl. Büter, 2010, S. 255.

<sup>125</sup> Vgl. Kummer et al, 2010, S. 209-210 und Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 350.

<sup>126</sup> Dies entspricht einer Ladefläche für eine quer geladene Euro-Palette (1 x 1,20m) oder zwei längsseits aufgereihten Euro-Paletten (2 x 0,8m).

<sup>127</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 350.

<sup>128</sup> Dies entspricht einer Ladefläche für zwei quer geladene Euro-Paletten (2 x 1,20m) oder drei längsseits aufgereihten Euro-Paletten (3 x 0,8m).

zieht.<sup>129</sup> Dadurch ist es möglich, die Raumladefläche bis zu 93% auszunutzen.<sup>130</sup> Zudem besitzt der EU-Binnen-Container im Gegensatz zu den 20ft- und 40ft-Containern Türen an den Seitenwänden, was ein Be- und Entladen sowie Anordnen von Euro-Paletten und Ähnlichem erleichtert.<sup>131</sup> Nachteilig ist zu erwähnen, dass der EU-Binnencontainer aufgrund seiner größeren Breite (zumeist) nicht seegängig ist, was für überseeische Transporte ein Umladen der Güter in 20ft-, 40ft- oder andere ISO-Container in den Seehafenterminals verlangt.<sup>132</sup>

Für den Transport der Container auf Straßenfahrzeugen werden spezielle Lkw-Chassis eingesetzt. Dies sind Sattelaufleger mit einer Plattform, auf die der Container mittels (Portal)Krans aufgeladen und befestigt wird. Im Schienenverkehr werden spezielle Flachwagen und in der Binnenschifffahrt motorisierte Güterschiffe mit entsprechenden Aufbauten eingesetzt. Somit ist der Transport von Containern mit den verschiedenen Verkehrsträgern möglich.<sup>133</sup> Abbildung 8 zeigt die Verladung zweier Container auf einen solchen Lkw-Chassis zur Veranschaulichung.



Abbildung 8: Containerverladung auf einen Lkw-Chassis  
Quelle: Braun, 2012, online

<sup>129</sup> Vgl. Kummer et al, 2010, S. 210 und Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 349.

<sup>130</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 349.

<sup>131</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 206.

<sup>132</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 210.

<sup>133</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesem Abschnitt Clausen, Geiger, 2013, S. 257-259.



Des Weiteren werden unter anderem spezielle Kühlcontainer (Thermalcontainer) für Frischeladung, Tankcontainer und Bulkcontainer für Schüttgüter im Containerverkehr eingesetzt. Kühl- und Tankcontainer sind im Gegensatz zu den ISO-Containern oft nicht kranbar. Bulkcontainer dagegen können aufgrund ihrer genormten und ohne spezielle Technik ausgestatteten Bauweise mit allen Kranen und Staplern verladen werden.<sup>134</sup> Die nachfolgende Tabelle 3 fasst die gängigsten ISO-Containerarten mit ihren üblichen Verwendungszwecken anschaulich zusammen.

Bezeichnung	Verwendung
20ft-Container	Allgemeine, unempfindliche Trockenfracht
40ft-Container	Allgemeine, unempfindliche Trockenfracht
Bulk-Container	Trockene Massengüter/Schüttgüter
EU-Binnen-Container <sup>135</sup>	Allgemeine, unempfindliche Trockenfracht für EU-Binnentransporte
Flat	Schwere und überbreite Güter
Hard-Top-Container	Schwere und hohe Güter
High-Cube-Container	Lange, hohe und schwere Güter
Kühlcontainer	Güter, die eine konstante Temperatur über/unter 0°C benötigen
Open-Top-Container	Güter mit Überhöhe, Beladung seitlich und von oben möglich
Platform	Schwere und überbreite Güter
Silo-Container	Trockene Massengüter/Schüttgüter
Tank-Container	Flüssige und gasförmige Güter
Ventilated-Container	Güter, die eine Belüftung benötigen

Tabelle 3: Die bekanntesten Containerarten und ihre Verwendung  
 Quelle: in Anlehnung an DB Schenker, 2012, online.

Einen Sonderfall im Containerverkehr stellt der sogenannte *Abrollcontainer* dar. Dieser Container ist an der Stirnseite mit einem Aufnahkebügel und an der Unterseite mit Rollen ausgestattet, was ein Verladen ohne Anheben durch einen Kran oder Stapler möglich macht. Zum Aufladen greifen die Haken eines mit einem Haken- oder Kettensystem ausgestatteten Lkw an dem Aufnahkebügel an und ziehen den Container auf die Ladefläche. Das Abladen erfolgt analog dazu. Weiterhin ist die Unterseite des Abrollcontainers genormt, was ein Verladen auf diverse Transportmittel ermöglicht. Die

<sup>134</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesem Abschnitt Arnold et al., 2008, S. 738.

<sup>135</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 210.



Container werden im Straßenverkehr insbesondere für die Abfallentsorgung (auch Presscontainer) und den Transport mit Schüttgütern verwendet.<sup>136</sup> Abbildung 9 zeigt das Verladen eines solchen Abrollcontainers.

Im Nachfolgenden wird aus Gründen der Übersichtlichkeit von ISO-Containern gesprochen. Diese Bezeichnung beinhaltet alle Containerarten, sofern kein signifikanter Unterschied in der Handhabung beim Transport und Umschlag der Güter besteht. Die Abrollcontainer werden aufgrund ihrer speziellen Handhabung von den restlichen ISO-Containern abgegrenzt.



Abbildung 9: Lkw-Verladung eines Abrollcontainers  
Quelle: Branner, o. J., online.

### 2.2.3 Die Rolle der Umschlagterminals im Kombinierten Verkehr

Die Güter mit verschiedenen Verkehrsträgern respektive Verkehrsmitteln zu transportieren, stellt einen wesentlichen Teil des Kombinierten Verkehrs dar. Ein ebenso bedeutender Aspekt ist die Verladung der Güter in ihren Ladeeinheiten von einem Verkehrsmittel auf das nächste.<sup>137</sup> Der Umschlag geschieht mitunter in den Umschlagterminals.<sup>138</sup> Diese Umschlagterminals sind Logistikzentren, in denen Güter und Ladungsträger von Verkehrsmitteln mithilfe spezieller Techniken ver- und umgeladen werden.<sup>139</sup>

<sup>136</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesem Absatz Martin, 2011, S. 73-74 und S. 306.

<sup>137</sup> Vgl. Gutenschwager, 2002, S. 166.

<sup>138</sup> Vgl. Seidelmann, 2010, S. 47.

<sup>139</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 169 und Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 418.

Als Umschlagterminals fungieren dabei Umschlagbahnhöfe für den Schienenverkehr sowie die Reedereien beim Umschlag der Ladeeinheiten im Binnenschiffverkehr.<sup>140</sup> Auch Güterverkehrszentren (GVZ), beispielsweise das GVZ in Burghausen können in ihrer Funktion einem Güterumschlagzentrum entsprechen.<sup>141</sup> Sie stellen die Übergänge der Ladeeinheiten zwischen Binnenschiff, Güterzug und Lkw her. Somit können die Umschlagterminals als Verbindungspunkte der einzelnen Verkehrsmittel einer Transportkette angesehen werden.<sup>142</sup>

Die Auswahl ihrer Standorte richtet sich dabei nach diversen Lagekriterien, wie beispielsweise der Anbindung an das Straßen-, Schienen- oder Binnenwasserstraßennetz, den Entwicklungsmöglichkeiten der Zentren sowie der verfügbaren Fläche. Letztere bezieht sich einerseits auf die Verkehrsmittel, die in den Terminals bedient werden, andererseits auch auf die angewandte Technik, mit der die Ladeeinheiten umgeschlagen werden sollen. Diese Techniken werden unterschieden in *horizontale* und *vertikale Umschlagtechniken*.<sup>143</sup>

### **Vertikaler Güterumschlag**

Als *vertikale* Umschlagtechniken werden solche bezeichnet, bei denen die Ladeeinheit mit Hilfe einer Hubanlage von einem Transportmittel vertikal angehoben und auf ein anderes verladen wird.<sup>144</sup> Voraussetzung für diese Art des Umschlags ist die Kranbarkeit und ISO-Normung der Ladungsträger, die mit den Gütern als Ladeeinheit fungieren. So werden hauptsächlich ISO-Container und Wechselaufbauten, in selteneren Fällen auch kranbare Sattelaufleger mit vertikalen Umschlagsystemen verladen. Dieser Umschlag erfolgt in der Regel aufgrund der hohen Leistungsfähigkeit mit einem Portalkran.<sup>145</sup> Der Kran greift dabei zum Verladen der Ladeinheit mit einem

---

<sup>140</sup> Vgl. Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 418.

<sup>141</sup> Vgl. KTB, o. J., online.

<sup>142</sup> Vgl. Seidelmann, 2010, S. 47 u. 50.

<sup>143</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesem Absatz Arnold et al., 2008, S. 749-750.

<sup>144</sup> Vgl. Bruckmann, 2007, S. 74-75 und Seidelmann, 2010, S. 48.

<sup>145</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 739.

Greifgeschirr, genannt *Spreader*, an den oberen Eckbeschlägen der Container oder Wechsellaufbauten an und hebt diese anschließend auf das Zieltransportmittel.<sup>146</sup> Zusätzlich werden in kleineren binnenländischen Umschlagterminals auch mobile Schwerstapler und Seitenlader eingesetzt, um die Flexibilität zu erhöhen.<sup>147</sup>

### **Horizontaler Güterumschlag**

Im Gegenzug dazu werden die Ladeeinheiten in *horizontalen* Umschlagssystemen horizontal von den Transportmitteln, ohne Anhebung durch einen Kran oder Stapler, verladen.<sup>148</sup> Diese Form der Umschlagtechniken wird insbesondere für nichtkranbare Ladungsträger, wie den Großteil der Sattelaufleger, ganze Sattelzüge sowie Abrollcontainer, angewandt.<sup>149</sup> Die Ladeeinheiten werden dabei mit speziell dafür entwickelten Techniken und Flurfördermitteln durch Rollen, Verschieben oder hydraulisches Anheben zwischen den Transportmitteln entlang der Ladeebene umgeladen.<sup>150</sup>

Sowohl für den horizontalen als auch für den vertikalen Güterumschlag werden immer wieder neue Techniken entwickelt und angeboten.<sup>151</sup> Diese werden in ihrer Entwicklung speziell auf die nachgefragten Ladungsträger abgestimmt.<sup>152</sup> Aber auch die transportierten Güter in den Ladungsträgern selbst beeinflussen die Auswahl und Entwicklung der Techniken. Denn je nach Gut muss ein entsprechend an die physikalischen und gesetzlichen Anforderungen passender Ladungsträger gewählt werden.<sup>153</sup> Da eine Vielzahl an unterschiedlichen Gütern im Kombinierten Verkehr verladen werden, werden diese im nächsten Kapitel näher erläutert.

---

<sup>146</sup> Vgl. Martin, 2011, S. 315.

<sup>147</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 739.

<sup>148</sup> Vgl. Bruckmann, 2007, S. 74.

<sup>149</sup> Vgl. Trafico Verkehrsplanung, 1998, S. 2.

<sup>150</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 747 und Krampe, Lucke, Schenk, 2012, S. 348.

<sup>151</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 58.

<sup>152</sup> Vgl. Schmidt, 2003, S. 392.

<sup>153</sup> Vgl. Berndt, 2001, S. 24-25.

### 2.3 Die verschiedenen Güterarten

Der Ladungsträger sowie das zu wählende Transportmittel richten sich neben diversen anderen Kriterien (beispielsweise dem Liefertermin) vorwiegend nach dem zu transportierenden Gut. Hier kommt es auf die physischen Gegebenheiten der Güter an (zum Beispiel der Aggregatzustand, die Abmessung oder das Gewicht). Dabei muss stets auf eine entsprechende Ladungssicherung der Güter geachtet werden, die ein sicheres Umladen der Ladungsträger gewährleistet. Flüssige oder gasförmige Güter werden beispielsweise in der Regel verschlossen in Tankcontainer geladen, während längere Rohre im Kombinierten Verkehr zumeist in Sattelaufliegern oder bundweise lose verzurrt auf den Ladeflächen transportiert werden.<sup>154</sup>

Um nun die Vielzahl an Gütern zwecks Übersichtlichkeit und zur Vereinheitlichung für die Erstellung gemeinschaftlicher Verkehrsstatistiken zusammenzufassen, hat die Europäische Union *die Nomenclature Uniforme de Marchandises pour les Statistiques de Transport (Einheitliches Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik der EU, kurz: NST 2007)* als Grundlage beschlossen und im Jahr 2008 eingeführt.<sup>155</sup> In dieser werden die Güter in 20 verschiedene Gruppen eingeteilt, wobei fast jede Gruppe nochmals untergliedert ist.<sup>156</sup> Diese Klassifizierung der Güter dient hiesiger Arbeit als Grundlage zur Zuordnung der in Kapitel 3 erläuterten Umschlagtechniken und -konzepte und ist im Anhang (I) als Tabelle angefügt. Nachfolgend werden die Güter nach ihren Ladungsträgern unterschieden mit Verweisen auf deren Zuordnung zur entsprechenden Gütergruppe in der *NST 2007*.

---

<sup>154</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesem Absatz Clausen, Geiger, 2013, S. 79-81 und 242.

<sup>155</sup> Vgl. Europäische Kommission (EC), 2007, S.14-15.

<sup>156</sup> Vgl. Eurostat, o. J., online.

## Stückgüter

Der Stückguttransport stellt einen hohen Anteil des Kombinierten Verkehrs dar.<sup>157</sup> Als Stückgüter werden im Kombinierten Verkehr alle Güter bezeichnet, die verpackt, adressiert und in standardisierte Ladeeinheiten (beispielsweise auf Euro-Paletten) zusammengefasst sind.<sup>158</sup> Wesentlich für den Kombinierten Transport ist, dass Stückgüter zusammenladungsfähig sind. Das heißt, sie können in Ladungsträgern gebündelt befördert werden.<sup>159</sup> Ladungsträger für Stückguttransporte können unter anderem Wechselbehälter, Sattelaufleger sowie die ISO-Container sein.<sup>160</sup> Zu beachten ist, dass Stückgüter in den Ladungsträgern selbst durch geeignete Sicherungsmaßnahmen unter anderem mit Hilfe von Zurrgurten, Antirutschmatten, etc. gegen Verschieben und Kippen gesichert werden müssen.<sup>161</sup> Außerdem sind Ladungsfristen, bis zu denen die Ladungsträger zugeladen werden dürfen, einzuhalten.<sup>162</sup>

Die NST 2007 ordnet Stückgüter in den Gruppen 11 (Maschinen und Ausrüstungen) bis 13 (Möbel, etc.), sowie der Gruppe 15 (Post, Pakete) und 17 (Umzugsgüter, Fahrzeuge in Reparatur, etc.) zu.

## Schüttgüter

Schüttgüter gehören zu den Massengütern. Als Massengüter werden all jene Güter, die in großen oder sehr großen Mengen transportiert werden, bezeichnet.<sup>163</sup> Trockene Massengüter sind meistens Schüttgüter wie beispielsweise Getreide und Zucker sowie Bergbauerzeugnisse wie Sand, Kies und Gesteine.

---

<sup>157</sup> Vgl. Grob, 2015, S. 25-26.

<sup>158</sup> Vgl. Büter, 2010, S. 227 und Kummer et al., 2010, S. 349.

<sup>159</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 349.

<sup>160</sup> Vgl. Büter, 2010, S. 227.

<sup>161</sup> Vgl. Freek, Süselbeck, 2017, S. 44 und 79-81.

<sup>162</sup> Vgl. Büter, 2010, S. 224.

<sup>163</sup> Vgl. Clausen, Geiger, 2013, S. 79.

Schüttgüter sind zumeist unempfindlich gegenüber Witterungen, Nässe oder Temperaturschwankungen (ausgenommen empfindliche Güter wie Zucker) und benötigen daher weniger Zusatzeinrichtungen und Verpackungsmaterial als andere Güter. Zudem besitzen diese im Regelfall eine geringe Preisdichte, wodurch die Transportdauer nicht so bedeutend ist.<sup>164</sup>

Der Transport von Schüttgütern erfolgt in der Regel als Ganzladung per Eisenbahn oder Binnenschiff.<sup>165</sup> Im Kombinierten Verkehr werden sie aufgrund ihrer großen Transportmengen auch in Bulk-, Silo- und Abrollcontainern sowie in Siloaufliegern auf Güterzügen und Binnenschiffen im Hauptlauf transportiert.<sup>166</sup> Anzumerken ist, dass der offene Transport von trockenen Massen- und Schüttgütern in Leichtern<sup>167</sup> der Binnenschifffahrt keinen Kombinierten Transport darstellt, da die Güter selbst sowohl am Start- als auch am Zielbinnenterminal mit Verlademitteln wie Baggern umgeladen werden.<sup>168</sup> Gleiches gilt auch für den Transport von Schüttgütern der Eisenbahn (beispielsweise Erze), die in offenen, selbstentladenden Wagen verladen werden.<sup>169</sup>

Daneben werden häufig Absetzmulden für den Transport trockener Schüttgüter verwendet. Dies sind DIN-genormte offene Container, die Aushängezapfen an den Seiten besitzen, mit denen sie von speziellen Straßenfahrzeugen angehoben und aufgeladen respektive abgesetzt werden können.<sup>170</sup>

Aber auch Stück- und Konsumgüter, wie zum Beispiel Bananen oder Textilien werden als Massengut bezeichnet, wenn sie in großen Mengen verladen und transportiert werden.<sup>171</sup> Der Transport palettierter Massengüter erfolgt vorwiegend in 20ft- und 40ft-Containern sowie EU-Binnencontainern

---

<sup>164</sup> Vgl. zu den Ausführungen der letzten beiden Absätze Clausen, Geiger, 2013, S. 79.

<sup>165</sup> Vgl. Clausen, Geiger, 2013, S. 80 und Jünemann, 1989, S. 284.

<sup>166</sup> Vgl. Clausen, Geiger, 2013, S. 79-80.

<sup>167</sup> Als Leichter werden großräumige, schwimmende und antriebslose Behälter für den Gütertransport bezeichnet. Leichter werden in der Regel von einem Schubboot als Schubverband oder einem Schlepper über die Gewässer bewegt (Vgl. Schieck, 2008, S. 173).

<sup>168</sup> Vgl. Kummer et al, 2010, S. 57.

<sup>169</sup> Vgl. Jünemann, 1989, S. 298-300.

<sup>170</sup> Vgl. Schach, Otto, 2017, S. 137.

<sup>171</sup> Vgl. Clausen, Geiger, 2013, S. 79.

oder in Sattelaufliegern und Wechselaufbauten. Diese palettierten Massengüter werden im Nachfolgenden den Stückgütern zugesprochen, da deren Transport und Umschlag identisch verläuft und die Abgrenzung der Massengüter zu den Stückgütern so stärker verdeutlicht wird.

In der NST 2007 können die Schüttgüter den Gruppen 01 (Erzeugnisse der Landwirtschaft), 02 (Kohle rohes Erdöl und Erdgas) sowie den Gruppen 03 (Erze, Steine und Erden) und 09 (Sonstige Mineralerzeugnisse) zugeordnet werden.

### **Flüssige und gasförmige Gütertransporte**

Flüssige und gasförmige Güter sind Produkte, deren Aggregatzustand flüssig, halbflüssig respektive gasförmig ist und die aus tierischer, pflanzlicher oder mineralischer Herstellung gewonnen werden.<sup>172</sup> Diese werden im Kombinierten Verkehr in Tankcontainern oder in Tankaufliegern (Tanktrailer) befördert.<sup>173</sup> Häufig handelt es sich bei diesen Gütern zusätzlich um Gefahrgüter, die weiteren gesetzlichen Bestimmungen und Sicherheitsmaßnahmen unterliegen.<sup>174</sup> Der Transport von abgefüllten Flüssigkeiten wie Getränkeflaschen oder Kanistern erfolgt jedoch in der Regel in palettierter Form in ISO-Containern und Sattelaufliegern sowie Wechselaufbauten. Diese werden daher den Stückguttransporten zugewiesen.<sup>175</sup>

In der NST 2007 sind Flüssiggüter und gasförmige Güter in den Gruppen 02 (Kohle, rohes Erdöl und Erdgas), 07 (Kokereierzeugnisse und Mineralölerzeugnisse) und 08 (Chemische Erzeugnisse und Chemiefasern) aufgeführt.

---

<sup>172</sup> Vgl. TIS, o. J., online.

<sup>173</sup> Vgl. Clausen, Geiger, 2013, S. 80.

<sup>174</sup> Vgl. Arnold et al., 2012, S. 746.

<sup>175</sup> Vgl. Büter, 2010, S. 227 und Kummer et al., 2010, S. 349.

## **Frische- und Kühlgüter**

Zu diesen Gütern zählen alle verderblichen Produkte wie frisches Obst und Gemüse, aber auch Produkte, die eine konstante Temperatur benötigen (beispielsweise Kosmetik, Elektronik).<sup>176</sup> Für den Transport derartiger Güter werden vorwiegend Kühlcontainer und Ventilated Container verwendet. Aber auch Sattelaufleger mit integrierter Kühlvorrichtung finden Anwendung.<sup>177</sup> Die Besonderheit bei den meisten Frische- und Kühltransporten ist, dass die Lieferzeit aufgrund der Gefahr des Verderbens der Güter möglichst gering gehalten werden sollte.<sup>178</sup> Aus diesem Grund gilt für die Durchführung solcher Transporte und deren Leerfahrten die Ausnahme von dem Sonntagsfahrverbot für Lkw ab 7,5 t zGG (sofern es sich bei den Transporten um Lebensmittel handelt).<sup>179</sup>

Zu finden sind diese Güter in der NST 2007 in den Gruppen 01 (Erzeugnisse der Landwirtschaft) und 04 (Nahrungs- und Genussmittel), aber auch chemische Verbindungen und pharmazeutische Produkte der Gruppe 08 sowie elektronische Geräte und Elemente der Gruppe 11, die eine konstante Temperatur benötigen, gehören dazu.

## **Fahrzeugtransporte**

Der Transport von Fahrzeugen stellt im Kombinierten Verkehr keinen absatzorientierten Transport dar. Vielmehr werden die Fahrzeuge als Ladeeinheit bestehend aus Transportmittel mit aufgeladener Fracht, gesehen. Gemeint sind also Fahrzeuge, die im Zuge der RoLa und der Schwimmen- den Landstraße transportiert werden. Zu diesen zählen beladene Lkw sowie Last- und Sattelzüge.

Marktbestimmte Fahrzeuge fungieren in ihrem Transport als Ladeeinheit selbst. Sie werden auf Güterwaggonen, Lkw-Chassis und Binnenschiffe aufgeladen und transportiert. Der Wechsel des Verkehrsmittels erfolgt durch

---

<sup>176</sup> Vgl. Hilger, 2016, S. 42-43.

<sup>177</sup> Vgl. DB Schenker, 2012, online.

<sup>178</sup> Vgl. Hilger, 2016, S. 42-43.

<sup>179</sup> Vgl. Straßenverkehrsordnung (StVO), 2013, § 30 Abs. 3 Nr. 2 und 6.



Umladen der Fahrzeuge selbst. Dies entspricht nicht den Merkmalen des Kombinierten Verkehrs.<sup>180</sup>

In der NST 2007 sind diese Güter in den Gruppen 12 (Fahrzeuge) und 17 (Umzugsgüter, Fahrzeuge in Reparatur, etc.) zu finden.

### **Gefahrguttransporte**

Gefahrgüter sind Güter, Stoffe und Verbindungen, von denen im Zuge des Transportes aufgrund ihrer Eigenschaft respektive ihres Zustandes eine Gefahr für Mensch und Umwelt ausgehen kann. Der Transport dieser Güter erfolgt unter zusätzlichen gesetzlichen Bestimmungen (beispielsweise der Kennzeichnungspflicht oder des Zusammenlagerungsverbots), die von der Gefahrstoffverordnung vorgegeben sind. Je nach Gefahrengruppe und ihres Aggregatzustandes werden Gefahrgüter in Tankaufliegern, Tank-, 20ft- und 40ft-Containern sowie EU-Binnencontainern und Gefahrgutabsetzmulden mit entsprechender Kennzeichnung und Sicherung transportiert. Aber auch Wechselaufbauten und Sattelaufleger finden für die Verladung Anwendung. Auch diese müssen entsprechend den Vorschriften der Gefahrgutverordnung gekennzeichnet und mit den nötigen Sicherheitsstandards ausgestattet sein.<sup>181</sup>

Da die Kennzeichnung und die Sicherungen der Gefahrguttransporte keinen Einfluss auf die betrachteten Umschlagsysteme des Kombinierten Verkehrs haben und diese somit keiner zusätzlichen Handhabung bedürfen, wird im weiteren Verlauf der Arbeit von einer Betrachtung der Gefahrgüter bis auf wenige Bemerkungen abgesehen.

---

<sup>180</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesen Abschnitten Kammer et al., 2010, S. 58.

<sup>181</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesem Absatz Arnold et al., 2012, S. 548-556, 746 und Matthes, 2018, S. 92.

## **Schwergut-, Abfall- und Leerguttransporte**

Neben den oben genannten Güterarten existieren weitere Güter. Dazu zählen Schwergüter, Abfälle und die im Zuge von Mehrwegsyste men auftretenden Leerguttransporte. Letztere können im Kombinierten Verkehr durch das Verwenden von Mehrweg-Transportträgern wie beispielsweise Wechselbehälter und Transporthilfsmittel (Euro-Paletten) eine Rolle spielen.<sup>182</sup>

Schwer Güter werden aufgrund ihres hohen Gewichtes in der Regel einzeln und nicht in Transportträgern transportiert, wodurch ein Umladen des Gutes selbst erfolgt. Dies stellt somit keinen Kombinierten Verkehr dar. Daher werden Schwer Güter in dieser Arbeit nicht weiter berücksichtigt.

Der Transport von Abfällen findet vorwiegend in Absetzmulden und Abrollcontainern statt. Er kann auch in ISO-Containern, Sattelaufliegern oder Wechselbehältern mit entsprechender Kennzeichnung erfolgen. Bei Abfällen kann es sich zudem um Gefahrgüter handeln. Entsprechend den Vorgaben der Gefahrgutverordnung sind diese zu kennzeichnen und zu sichern.<sup>183</sup>

Abfälle sind in der NST 2007 in der Gruppe 14 (Sekundärrohstoffe) aufgelistet, Leergüter in Gruppe 16 (Geräte und Material für die Güterbeförderung).

Tabelle 4 fasst die Güterarten und deren typische Ladungsträger anschaulich zusammen.

---

<sup>182</sup> Vgl. Kummer et al., 2010, S. 348 und Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 259 und 351.

<sup>183</sup> Vgl. zu den Ausführungen in den letzten beiden Absätzen Korf, 2008, S. 603 und Vahrenkamp, Kotzab, 2012, S. 319.

Güterart	Ladungsträger
Stückgüter	Sämtliche ISO-Container* Wechselbehälter Sattelaufleger
Schüttgut	Bulkcontainer Abrollcontainer Absetzmulden Silocontainer Sattelaufleger/Siloaufleger
Flüssige und gasförmige Güter	Tankcontainer Tankaufleger
Frische und Kühlgüter	Ventilated-Container Kühlcontainer Kühl-Sattelaufleger
Fahrzeuge (als Ladungsträger)	Lkw Lastzüge Sattelzüge
Abfälle	Absetzmulden** Abrollcontainer** Tankcontainer** ISO-Container** Wechselbehälter** Sattelaufleger** Tankaufleger**
Gefahrgüter	Tankcontainer** 20ft-Container** 40ft-Container** EU-Binnencontainer** Sattelaufleger** Wechselbehälter** Tankaufleger** Gefahrgutabsetzmulden**

\* ausgenommen Bulk-, Tank- und Silocontainer

\*\* mit entsprechender Kennzeichnung und Sicherung nach der Gefahrgutverordnung

Tabelle 4: Güterarten und ihre typischen Ladungsträger

Quelle: Eigene Darstellung.

### 3. Umschlagkonzepte und -techniken im Kombinierten Verkehr

Im Nachfolgenden werden die Konzepte und Techniken des Güterumschlags nach der Eingrenzung des Betrachtungshorizonts näher erläutert.

#### 3.1 Eingrenzung der betrachteten Konzepte/Techniken

Inzwischen existiert eine große Menge an unterschiedlichen Umschlagssystemen für sowohl vertikale als auch horizontale Umschlagvorgänge.

Ebenso werden stets neue Techniken konzipiert.<sup>184</sup> Gerade horizontalen Umschlagsysteme werden stetig neu entworfen und weiterentwickelt. So gibt es eine Vielzahl an Herstellern und Anbietern, die solche Techniken auf den Markt bringen. Dabei liegen die Unterschiede der einzelnen Geräte und Techniken meist nicht im Güter- respektive Ladeeinheitenumschlag selbst. Vielmehr beziehen sich die Innovationen auf Aspekte der Leistungsfähigkeit, Nachhaltigkeit oder den Automatisierungsgrad der Umschlagstechniken.<sup>185</sup>

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die unterschiedlichen Umschlagstechniken verschiedener Gütergruppen in ihren Ladeeinheiten, die die Umschlagart beeinflussen. Aus diesem Grund werden die Gerätetypen der Techniken und Konzepte, die zwar in ihrer Technik weiterentwickelt wurden, sich jedoch nicht in der Umschlagart unterscheiden, zusammengefasst. Beispielsweise wird nicht zwischen elektrisch angetriebenen Containerstaplern oder solchen mit Verbrennungsmotor unterschieden. Auch werden stationäre und schienengebundene Kranarten nicht differenziert, sondern unter dem Begriff *Krananlagen* zusammengefasst. Sollten sich die Techniken allerdings in der Fähigkeit unterscheiden, bestimmte Ladeeinheiten umzusetzen, wird eine Differenzierung durchgeführt. So werden beispielsweise Containerstapler und Reachstaker getrennt voneinander betrachtet.

Weiterhin wird der Betrachtungszeitraum auf die Techniken und Konzepte begrenzt, die bereits entwickelt und getestet werden. Dies ist dadurch begründet, dass in Kapitel 4 die Zuordnung der Gütergruppen zu den derzeit angebotenen Umschlagstechniken und den marktreifen Konzepten erfolgt.

### 3.2 Vertikale Umschlagstechniken

Vertikale Umschlagvorgänge von Ladeeinheiten sind dadurch geprägt, dass die Ladeeinheiten mittels Hubanlage über die Ladeebene zwischen

---

<sup>184</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 754.

<sup>185</sup> Vgl. zu den Ausführungen der letzten beiden Sätze Seidelmann, 2010, S. 61-62.

den Transportmitteln verladen und/oder zur Zwischenablage gestapelt werden.<sup>186</sup> Für kranbare sowie ISO-genormte Ladeeinheiten bilden *Krananlagen*, *Containerstapler* und *Reachstacker* die Umschlagssysteme.<sup>187</sup> Dagegen stehen für nichtkranbare und nicht ISO-genormte Ladeeinheiten die vertikalen Umschlagstechniken *NIKRASA* und das *ISU-System* zur Verfügung.<sup>188</sup>

## Krananlagen

Krane sind stationäre, schienengebundene oder freie mit Gummireifen versehene Hubanlagen, die mittels eines automatischen Greifgeschirrs (Spreader) die Ladeeinheiten durch Anheben umsetzen. Die Krananlage fährt oder dreht sich dazu über die Ladeeinheit, die aufgenommen werden soll. Der Spreader greift an den oberen Eckbeschlägen der ISO-Container, EU-Binnencontainer und Wechselaufbauten an, rastet über Drehzapfen an diesen ein und gewährleistet ein sicheres Anheben der Ladeeinheiten durch Verriegelung. Für kranbare Sattellauflieger und Wechselbehälter ohne Eckbeschläge werden anstelle dieses Spreaders spezielle Greifzangenspreader (engl. Piggyback-Spreader), die an den unteren Rahmen der Ladeeinheiten angreifen, verwendet.<sup>189</sup> Weiterhin besitzen Krane, die für den wechselseitigen Umschlag zwischen den Verkehrsträgern Schiene und Straße eingesetzt werden, solche Spreader, die an Seilen abgesetzt werden. Die Seile verhindern dabei die Schiefstellung der Ladeeinheiten. Dieser Krantyp wird *Portalkran* genannt, da er seinen Verladebereich torartig überspannt.<sup>190</sup> Abbildung 10 zeigt zur Verdeutlichung einen schienengebundenen Portalkran mit einem an Seilen abgesetzten Spreader.

---

<sup>186</sup> Vgl. Krampe, Lucke, Schenk, 2012, S. 348.

<sup>187</sup> Vgl. Clausen, Geiger, 2013, S. 264.

<sup>188</sup> Vgl. TXLogistik, o. J., online und ISU, o. J., online.

<sup>189</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 739.

<sup>190</sup> Vgl. Grote, Feldhusen, 2011, S. U38.



Abbildung 10: Portalkran mit abgesetztem Spreader  
Quelle: Krafotec, 2016, online.

Sowohl für die Verladung und Löschung von Binnenschiffen an Binnenhäfen als auch für die schienen- und straßenseitige Umladung von Ladeeinheiten finden Krananlagen Einsatz. Dabei werden verschiedene Typen und Ausführungen unterschieden. Beispielsweise werden kleinere, mit Gummirreifen versehene mobile Portalkräne, genannt Portalhubwagen (engl. Van Carrier), für die Umlagerung und Sortierung von Ladeeinheiten zwischen den Verkehrsträgern in Containerterminals eingesetzt. Diese sind in ihrer Bauweise für den Transport von maximal einer Ladeeinheit längsseits zur Fahrbahn ausgelegt, können aber aufgrund ihrer Höhe Container mehrfach übereinanderstapeln. Dadurch sind Portalhubwagen schmal und flexibel einsetzbar. Ein eigenständiges Beladen und Löschen von Binnenschiffen ist jedoch mit diesen Portalhubwagen aufgrund der lückenlosen Beladung nicht möglich. In ihrer Umschlagtechnik unterscheiden sie sich jedoch nicht von den üblichen Portalkrananlagen, da sie ebenso mit einem Spreader oder Greifzangen ausgestattet sind und dieselben Ladeeinheiten bedienen können.<sup>191</sup> Abbildung 11 zeigt einen solchen Portalhubwagen.

---

<sup>191</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 739.



Abbildung 11: Portalhubwagen  
 Quelle: Bildarchiv Hamburg, o. J., online.

Weitere nennenswerte Ausführungen von Kranen<sup>192</sup> sind die an den Ufern der Wasserstraßen gebauten und zur Löschung von Binnenschiffen eingesetzten *Auslegekrane*, die auf wasserstraßenübergreifenden Portalen montierten drehbaren *Torkrane* von Häfen und der stationäre *Bockkran*.<sup>193</sup>

### Containerstapler

Als Alternative zu den Krananlagen werden in Terminals häufig Containerstapler eingesetzt. Diese sind eine Art Gabelstapler, die mit einem weit ausfahrbaren Hubmast zur Stapelung von Ladeeinheiten ausgestattet sind. Zudem besitzen sie an dem Hubmast entweder einen Spreader, der an den oberen Eckbeschlägen der Ladeeinheiten angreift (Top-Spreader) oder einen an den Seiten der Ladeeinheiten angreifenden Spreader. Die Spreader sind meist hydraulisch verstellbar (Teleskopspreader), sodass je nach Ausführung ISO-Container, EU-Binnencontainer sowie Wechselbehälter umgeladen werden können. Durch eine maximale Hubleistung der Stapler von 40t können diese Ladeeinheiten mit dem Top-Spreader voll beladen umge-

<sup>192</sup> Vgl. Scheffler, Feyrer, Matthias, 1998, S. 120 und 134.

<sup>193</sup> Ausführliche Beschreibung zu Kranen in HÄHNCHEN, R. (1932): Winden und Krane - Aufbau, Berechnung und Konstruktion, Berlin, 1932, S. 294-493.

schlagten werden. Leere Ladeeinheiten werden mit den an den Seiten angreifenden Spreadern umgeschlagen, mit denen eine Last von maximal 10t verladen werden kann. Dabei ist es möglich, zwei leere Container übereinander gestapelt gleichzeitig anzuheben und zu verladen.<sup>194</sup> Abbildung 12 zeigt die Verladung eines beladenen ISO-Containers mit einem Containerstapler.



Abbildung 12: ISO-Containerverladung mit einem Containerstapler  
Quelle: Svetruck, o. J., online.

Kühlcontainer, die aufgrund ihres integrierten Kühlaggregates und des damit einhergehenden einseitigen Ungleichgewichts einem besonderen Handling unterliegen, können von modernen Containerstaplern mithilfe einer speziellen Ausgleichsvorrichtung ebenso zweifach übereinandergestapelt verladen werden.<sup>195</sup>

Im Gegenzug zu den Krananlagen transportieren die Containerstapler die Ladeeinheiten quer zur Fahrbahn. Dadurch sind für den Einsatz von den Staplern breite Fahrwege von Nöten. Außerdem können keine kranbaren Sattelaufleger verladen werden, da ein Angreifen an den unteren Greifpunkten der Auflieger mit den Containerstaplern nicht möglich ist.<sup>196</sup>

<sup>194</sup> Vgl. Brinkmann, 2005, S. 265-266 und 274.

<sup>195</sup> Vgl. Binnenschifffahrt, 2018, online.

<sup>196</sup> Vgl. Brinkmann, 2005, S. 266 und 274.



Containerstapler eignen sich sowohl für den Umschlag von Ladeeinheiten auf Straßen- als auch auf Schienenfahrzeugen sowie zu deren Zwischenlagerung. Daneben können sie auch zur Ladung und Löschung von Binnenschiffen eingesetzt werden, insofern diese auf gleichbleibender Wasserspiegelhöhe am Kai in den Reedereien festgemacht sind.<sup>197</sup>

### **Reachstacker**

Eine Sonderform der Containerstapler stellen die Schwerlaststapler, genannt Reachstacker, dar. Im Gegensatz zu den gewöhnlichen Containerstaplern besitzt er keinen Hubmast, sondern einen teleskopierbaren sowie heb- und senkbaren Arm, mit dem er die Ladeeinheit vor Kopf aufnehmen und umladen kann. Mit diesem ist es dem Reachstacker möglich, Ladeeinheiten in mehreren Reihen hintereinander ohne Änderung seiner Position abzusetzen und aufzustapeln. Auch der direkte Umladevorgang der Ladeeinheiten zweier Züge auf benachbarten Gleisen ist ohne Positionsänderung ausführbar. Die Aufnahme und das Verladen der Ladeeinheiten erfolgen dabei quer zur Fahrbahnrichtung.<sup>198</sup>

Wie andere vertikale Umschlagsysteme besitzt auch der Reachstacker an seinem Hubarm einen auf die Ladeeinheiten einstellbaren Spreader, der an die oberen Eckbeschläge der Ladeeinheiten angreift. Dazu besitzt er wie die oben genannten Krane ein Greifzangengeschirr, das die unteren verstärkten Rahmen von kranbaren Sattelaufliegern fasst und somit ein Verladen dieser Ladungsträger ermöglicht.<sup>199</sup> Abbildung 16 zeigt das Verladen eines Sattelauflegers mit einem Reachstacker mithilfe des Piggyback-Spreaders.

---

<sup>197</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 739.

<sup>198</sup> Vgl. Brinkmann 2005, S. 266-267 und S. 274.

<sup>199</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 759 und Clausen, Geiger, 2013, S. 265.



Abbildung 13: Verladung eines Sattelauflegers mit dem Reachstacker  
Quelle: Volvo Penta, 2017, online.

Eine Besonderheit der Reachstacker im Bereich der Stapler ist, dass sie mit einem Piggyback-Spreader ausgerüstet werden können. Mit diesem sind sie fähig, Sattelzüge und Wechselbehälter, die auf Lkw-Chassis geladen sind, zu verladen. Die Ladeeinheiten können also direkt auf Schienenfahrzeuge abgestellt oder von diesen aufgeladen werden.<sup>200</sup>

Reachstacker sind ebenso wie die Containerstapler fähig, Ladeeinheiten zwischen Schienen- und Straßenfahrzeugen sowie Binnenschiffen zu verladen. Bei Letzteren ist das Laden und Löschen wiederum ausschließlich dann durchführbar, wenn die Wasserspiegelhöhe unverändert bleibt und die Binnenschiffe am Kai festgemacht sind.<sup>201</sup>

Neben den Techniken für kranbare Ladeeinheiten existieren für den vertikalen Güterumschlag innovative Systeme, die nichtkranbare Ladeeinheiten kranbar machen können.

<sup>200</sup> Vgl. Binnenschifffahrt, 2019, online und Brinkmann 2005, S. 266-267.

<sup>201</sup> Vgl. Arnold et al., 2008, S. 759.

## NIKRASA

Das von der TX Logistik AG, Bayerhafen u. a. entwickelte Umschlagsystem **NIKRASA** (**N**icht**k**ranbarer **S**attelaufleger) stellt ein horizontales Umschlagssystem für den Umschlag zwischen den Verkehrsträgern Schiene und Straße dar, mit dem nichtkranbare Sattelaufleger kranbar gemacht werden können. Das System besteht aus einer speziell entwickelten mobilen Terminalplattform und eingesetzter Wanne, auf die der Sattelaufleger abgestellt werden. Abbildung 14 zeigt diese Terminalplattform mit angehobener Wanne zur Verdeutlichung.



Abbildung 14: NIKRASA-Terminalplattform mit Wanne  
Quelle: Klotz, 2014, online.

Dazu fährt der Sattelzug im Startterminal so auf die auf dem Boden abgelegte Plattform auf, dass er mit dem Sattelaufleger mittig auf dieser steht. Anschließend werden Sattelzugmaschine und -aufleger entkoppelt. Die Anwesenheit des Frachtführers ist somit nicht notwendig. Der Sattelaufleger wird mittels eines mit Piggyback-Spreader versehenen Krans oder Reachstackers mitsamt der Wanne aus der Plattform angehoben und auf das Schienenfahrzeug (Taschenwagen) verladen. Der Sattelaufleger bleibt über den gesamten Schienentransport bis zum Zielterminal auf der Wanne. Die Terminalplattform verbleibt im Startterminal. Abbildung 15 zeigt diese Verladung eines Sattelauflegers auf einen Taschenwagen mittels Portalkrans und Wanne.



Abbildung 15: Verladung eines Sattelauflegers mit NIKRASA  
 Quelle: Kuhn, 2019, online.

Im Zielterminal wird der Sattelaufleger inklusive Wanne wiederum mithilfe eines Krans oder Reachstackers entladen und auf eine sich dort befindende Terminalplattform abgesetzt. Eine Sattelzugmaschine kann dann für die Weiterfahrt mit dem Sattelaufleger gekoppelt werden und von der Wanne und Plattform fahren.

Das *NIKRASA*-System eignet sich vorwiegend für klassische Sattelaufleger und Tank- sowie Siloaufleger. Aber auch Wechselaufbauten und ISO-Container können damit verladen werden. Für die Verladung müssen weder an den Ladeeinheiten, noch an den Taschenwagen der Züge zusätzliche technische Änderungen und Modifikationen vorgenommen werden.

Negativ anzumerken ist, dass unter Nutzung des *NIKRASA*-Systems die Nutzlast aufgrund der mittransportierten Wanne um bis zu 2,2t sinkt. Zudem muss der Rücktransport der Wanne organisiert werden.<sup>202</sup>

---

<sup>202</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesen Absätzen TX Logistik, o. J., online.

## ISU-System

Das im Rahmen des EU-Forschungsprojektes *BRAVO* entworfene und entwickelte *ISU-System* stellt ein weiteres vertikales Umschlagssystem dar, das nichtkranbare Sattelaufleger kranbar macht. Die Abkürzung *ISU* steht dabei für *Innovativer Sattelanhängers Umschlag*. Die Umschlagtechnik dieses Systems ähnelt der des *NIKRASA*-Systems. Auch bei *ISU* wird der Sattelaufleger im Startterminal auf einer Plattform abgestellt und von der Sattelzugmaschine entkoppelt. Die Plattform besteht hierbei jedoch aus einem am Boden abgelegten rampenähnlichen Laderahmen, auf dem ein automatisches Radgreifgestell und eine Stützbalkentraverse, die am unteren Sattelzapfen angreift, aufgebracht sind.<sup>203</sup> Abbildung 16 zeigt eine solche Stützbalkentraverse mit verbundenem Sattelzapfen.



Abbildung 16: ISU-Stützbalkentraverse mit Sattelzapfen des Aufliegers  
Quelle: SGKV, 2007, S. 34.

Der Sattelaufleger wird von dem Fahrer so auf dem Laderahmen platziert, dass die Reifen des Aufliegers auf den Radgreifern stehen und der Sattelzapfen somit über der Stützbalkentraverse liegt. Anschließend kann der Sattelaufleger mittels Piggyback-Spreaders von einem Kran oder einem Reachstacker aufgenommen werden. Dazu greifen die Greifzangen des Spreaders an die dazu vorgesehenen Vorrichtungen der Radgreifern und

---

<sup>203</sup> Vgl. Studiengesellschaft für den Kombinierten Verkehr (SGKV), 2007, S. 32-34 (online).



der Stützbalkentraverse an. Alternativ werden auch Hubseile oder -ketten zur Verbindung von Spreader und Radgreifern sowie Stützbalkentraverse verwendet.<sup>204</sup> Abbildung 17 zeigt die *ISU*-Verladung von dem Laderahmen mit Hubseilen als Verbindung zwischen Spreader und Radgreifern.



Abbildung 17: Verbindung von Radgreifern und Spreader mit Hubseilen  
Quelle: Tradetrans, 2011, online.

Der Sattelaufleger wird nun samt Radgreifern und Stützbalkentraverse auf Taschenwagen der Schienenfahrzeuge aufgeladen und befestigt. Für den gesamten Transport mit dem Schienenfahrzeug verbleibt der Sattelaufleger in dieser Kombination. Der Laderahmen verbleibt im Startterminal. Das Entladen der Sattelaufleger im Zielterminal erfolgt analog zur Verladung im Startterminal.<sup>205</sup>

Das *ISU*-System ist hauptsächlich für den Umschlag von Sattelauflegern sowie Kühl-, Tank- und Siloauflegern ausgelegt, kann aber auch für Wechselbehälter und ISO-Container angewandt werden. Für dieses System sind wie bei dem NIKRASA-System keine zusätzlichen Modifikationen und Änderungen an den Ladeeinheiten und Transportmitteln vonnöten.<sup>206</sup> Als Nachteil ist zu erwähnen, dass das Anbringen und Verbinden der Greifzan-

<sup>204</sup> Vgl. ISU, o. J., online und SGKV, 2007, S. 34 (online).

<sup>205</sup> Vgl. Hafner, 2019, online und ISU, o. J., online.

<sup>206</sup> Vgl. ISU, o. J., online.

gen respektive Ketten und Seile mit der Stützbalkentraverse und den Radgreifern manuell erfolgen muss. Daher besitzt dieses System einen geringen Automatisierungsgrad.<sup>207</sup>

In Tabelle 5 sind die einzelnen vertikalen Umschlagsysteme inklusive der mit diesen Techniken umschlagbaren Ladeeinheiten zur Übersicht zusammengefasst.

<b>Umschlagsystem</b>	<b>Umschlagbare Ladeeinheiten</b>
Kran	ISO-Container Wechselbehälter Alle kranbaren Sattelaufleger
Containerstapler	ISO-Container Wechselbehälter
Reachstacker	ISO-Container Wechselbehälter Kranbare Sattelaufleger
NIKRASA	ISO-Container Wechselbehälter Alle kranbaren sowie nichtkranbaren Sattelaufleger
ISU-System	ISO-Container Wechselbehälter Alle kranbaren sowie nichtkranbaren Sattelaufleger

Tabelle 5: Vertikale Umschlagtechniken  
Quelle: Eigene Darstellung.

### 3.3 Horizontale Umschlagkonzepte und -techniken

Nachdem die vertikalen Umschlagsysteme skizziert wurden, wird im Nachfolgenden auf die horizontalen Umschlagkonzepte und -techniken eingegangen. Deren Fokus liegt größtenteils auf den nichtkranbaren Ladeeinheiten, die entlang der Ladeebene verladen werden.

Da die horizontalen Umschlagtechniken und -konzepte spezielle Systeme für die Verkehrsträger Schiene und Straße sind, wird im Folgenden die Binnenschifffahrt nicht weiter thematisiert.

---

<sup>207</sup> Vgl. Randelhoff, 2010, online.

## ACTS

Hier ist zunächst das Abrollcontainer-Transportsystem (ACTS) zu erwähnen. Das speziell für Abrollcontainer entwickelte System für die Kombination des Schienen- und Straßenverkehrs ermöglicht ein flexibles Umladen der Container zwischen Lkw und speziellen Eisenbahnwaggons mit schwenkbarer Führungsschiene ohne weitere Ladehilfen.<sup>208</sup> Zur Entladung des Eisenbahnwagens wird die Führungsschiene um 37-45° zur Fahrrichtung des Zuges gedreht. Die Lkw koppeln an der Hakenvorrichtung des Abrollcontainers an und rollen diesen durch Ziehen Schienenwagens ab. Analog dazu wird der Abrollcontainer beim Beladen auf den Schienenwagen aufgeschoben.<sup>209</sup> Abbildung 18 zeigt das Umladen eines Abrollcontainers mit dem ACTS.



Abbildung 18: Umschlag eines Abrollcontainers mittels ACTS  
Quelle: Metzeler, 2013, online.

## AWILOG

Das *AWILOG*-System der gleichnamigen Firma ist ein horizontales Verlade- und Transportsystem für Absetzmulden zur Kombination der Verkehrsträger Schiene und Straße. Die speziell modifizierten Absetzmulden werden

<sup>208</sup> Vgl. Bruckmann, 2007, S. 76 und Korf, 2008, S. 613.

<sup>209</sup> Vgl. RailMotion, o. J., online.



dabei von einem Transportkipper, einem Straßenfahrzeug mit einer Teleskop-Absetzvorrichtung, direkt auf die Flachwagen der Schiene aufgeladen. Eine integrierte und automatisierte Vorrichtung sichert die Ladeeinheiten auf den Flachwagen. Entsprechend der Größe der Flachwagen können mehrere Absetzmulden nebeneinander transportiert werden. Im Zielterminal werden sie von einem Transportkipper direkt von den Schienenwaggons aufgenommen und weitertransportiert.<sup>210</sup>

Der Vorteil bei diesem System ist, dass neben den Flachwagen keine zusätzlichen technischen Vorrichtungen und Modifikationen benötigt werden. Weiterhin ist der hohe Automatisierungsgrad der Verladung und Ladungssicherung zu erwähnen, durch den ein zusätzliches Handling nicht benötigt wird. Darüber hinaus können die Absetzmulden in Ausnahmefällen von Staplern oder Kranen verladen werden. Nachteilig heranzuführen ist, dass die Absetzmulden weniger Ladekapazität besitzen als vergleichbare Ladungsträger wie beispielsweise Bulkcontainer, wodurch eine geringere Nutzlast erreicht wird.<sup>211</sup> Abbildung 19 zeigt den Transport von Absetzmulden auf einem Güterzug mit dem *AWILOG*-System.



Abbildung 19: AWILOG-Absetzmulden auf Flachwagen  
Quelle: AWILOG, o. J., online.

<sup>210</sup> Vgl. Furmanns, Kilger, 2019, S. 285-286.

<sup>211</sup> Vgl. AWILOG, o. J., online und Zacher et al., 1997, S. 12 (online).

## BOXmover

Eine weitere horizontale Umschlagstechnik stellt der *BOXmover* der österreichischen Boxmover GmbH dar. Er ist für die Verladung von ISO-Containern und genormten Wechselbehältern zwischen Schiene und Straße vorgesehen. Für die Verladung wird ein spezieller Steitenlader genutzt, der parallel zu den Schienengüterwagen anhält. Dieser besitzt zwei hydraulisch ausfahrbare Arme, an die die Ladeeinheit eingehängt wird. Die Enden der Arme setzen zum Umsetzen der Ladeeinheit auf dem Boden auf und fungieren als Stützen. Somit können hohe Lasten umgesetzt werden. Die Ladeeinheit wird auf einen Flachwagen der Eisenbahn aufgeladen und von den Armen des Seitenladers gelöst. Abbildung 20 zeigt das Umladen mit dem BOXmover.



Abbildung 20: Verladung einer Ladeeinheit mit dem BOXmover-System  
Quelle: Boxmover, o. J., online.

Durch *BOXmover* können ISO-Container (inklusive Tankcontainer) und genormte Wechselbehälter flexibel zwischen Schienen- und Straßenfahrzeugen ohne Zwischenlagerung verladen werden. Anzumerken ist, dass das Handling mit einem hohen Aufwand verbunden ist. Zudem müssen die Ladeeinheiten manuell an die Arme des Seitenladers angehängt werden.<sup>212</sup>

---

<sup>212</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesen Absätzen Boxmover, o. J., online.

### BoxTango/ContainerMover 3000/Mobiler

Das Lkw-basierte *BoxTango*-System bildet ein Konzept des gleichnamigen Schweizer Startup-Unternehmens. Mit diesem werden ISO-Container und Wechselbehälter ohne Anheben zwischen Fahrzeugen der Verkehrsträger Straße und Schiene verladen. Der speziell dafür entwickelte Lkw-Chassis besitzt horizontal ausfahrbare Stege, mit denen die aufgeladene Ladeeinheit horizontal auf den Flachwagen des Güterzuges verfahren wird. Dazu fährt der Lkw parallel zu dem Güterwagen. Das Verladen und Sichern dieser findet vollautomatisiert statt, sodass kein weiteres Handling erforderlich ist.

Dadurch, dass die Umschlagtechnik auf dem Lkw montiert und vollautomatisiert ist, kann das Verladen flexibel und unabhängig der Umschlagsterminals eingesetzt sowie zusätzliches Personal eingespart werden. Zudem werden keine weiteren baulichen Maßnahmen und Modifikationen benötigt. Dagegen ist zu erwähnen, dass für die Lkw hohe Investitionskosten getätigt werden müssen.<sup>213</sup> In Abbildung 21 ist das Konzept der Verladung mit dem *BoxTango*-System abgebildet.

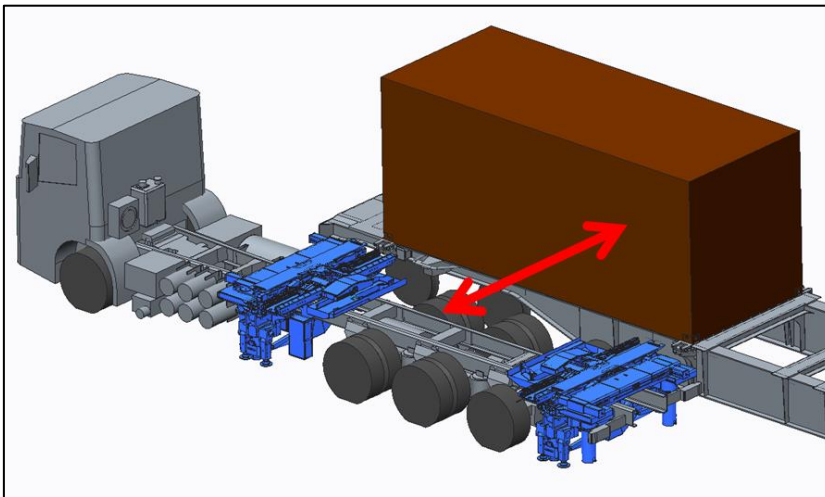


Abbildung 21: Konzept der Verladung mit dem BoxTango-System  
Quelle: BoxTango, o. J., online.

<sup>213</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesen Absätzen Boxtango, o. J., online.

Nach dem gleichen Prinzip arbeitet, das von Innovatrain AG entwickelte schweizerische System *ContainerMover 3000*. Auch hier läuft das Verfahren vollautomatisiert ab. Im Gegensatz zum *BoxTango*-System muss bei diesem Umschlagsystem für die Verladung von Ladeeinheiten zuvor ein Tragrahmen (Wagenadapter) auf den Schienenwagen installiert sein.<sup>214</sup>

Ebenso ist das 1995 von Wolfgang Bermüller entwickelte *Mobiler*-System auf den horizontalen Umschlag von Ladeeinheiten zwischen Straßen- und Schienenfahrzeugen ausgerichtet. Wie bei *BoxTango* und *ContainerMover 3000* ist das System auf dem Lkw aufgebaut und arbeitet vollautomatisiert. Auch bei *Mobiler* wird daher kein Umschlagsterminal für das Verfahren der Ladeeinheiten benötigt. Ein Unterschied besteht darin, dass bei dieser Technik Verladebalken von dem Lkw ausfahren und in entsprechende Öffnungen (Kanäle) an den Ecken der Ladeeinheiten einrasten. Dazu müssen die Ladeeinheiten mit diesen Kanälen zuvor ausgestattet sein. Darüber hinaus wird ein Tragrahmen auf den Schienenfahrzeugen zum Transport der Ladeeinheiten benötigt.<sup>215</sup>

### **CargoBeamer**

*CargoBeamer* der gleichnamigen Aktiengesellschaft ist ein horizontales Umschlagsystem für das Verladen von ISO-Containern, Wechselaufbauten sowie allen kranbaren und nichtkranbaren Sattelaufleger. Das System arbeitet mit horizontaler seitlicher Verschiebung der Ladeeinheiten zwischen Straßen- und Schienenfahrzeugen.

Für dieses System werden spezielle Taschenwagen als Schienenfahrzeuge und ein Waggonaufsatz (Jet-Modul) zur Verschiebung der Ladeeinheit benötigt. Zudem kann der Güterumschlag nur in eigens dafür errichtete Terminals stattfinden, in denen die Jet-Module parallel zu den Gleisen der Züge gebaut sind. Die Terminals sind in der Regel so erbaut, dass mehrere La-

---

<sup>214</sup> Vgl. Innovatrain, o. J., online.

<sup>215</sup> Vgl. Schmidt, 2003, S. 390-392.

deeeinheiten parallel entlang des Güterzuges umgeschlagen werden. Abbildung 22 zeigt zur ein *CargoBeamer*-Terminal mit auf Jet-Modulen abgestellten Sattelauflegern und Verschiebevorrichtung.



Abbildung 22: CargoBeamer-Terminal  
Quelle: Cargobeamer, o. J., online.

Zur Verladung der Ladeeinheiten fahren die Sattelzüge oder Lkw mit aufgeladenen Wechselaufbauten respektive ISO-Containern auf die Jet-Module auf. Anschließend wird die Sattelzugmaschine von dem Sattelzug entkoppelt und kann getrennt von der Ladeeinheit weiterfahren. Wechselaufbauten und ISO-Container werden auf das Jet-Modul abgestellt. Das Jet-Modul mitsamt der Ladeeinheit wird im Anschluss auf die Taschenwagen vollautomatisch aufgeschoben. Analog dazu verläuft die Entladung im Zielterminal.<sup>216</sup>

Eine Besonderheit dieser Technik stellt zudem die Möglichkeit der Kranverladung der Jet-Module inklusive Ladeeinheit bei Nichtvorhandensein eines CargoBeamer-Terminals dar. Anzumerken ist, dass für diese Umschlagtechnik hohe Investitionskosten getätigt werden müssen. Zudem sind die

---

<sup>216</sup> Zu den Ausführungen in diesen Absätzen vgl. Cargobeamer, o. J., online.

Güterwagen mit einer komplexen Technik ausgestattet und besitzen ein höheres Gewicht im Vergleich zu herkömmlichen Taschenwagen, was stärkere Antriebskräfte erfordert.<sup>217</sup>

### **Megaswing/Megaswing-Duo/Modalohr/CargoSpeed**

Das *Megaswing*-System ist eine Technik für den horizontalen Umschlag von nichtkranbaren Sattelaufliegern jeglicher Art zwischen Straßen- und Schienenfahrzeugen. Diese von dem schwedischen Hersteller *Kockums Industrier* entwickelte Umschlagtechnik besteht aus einem terminalunabhängigen ausschwenkbaren hydraulischen Schienenwaggon. Zur Verladung der Sattelaufleger löst sich die Ladeplattform des Waggons nach Ansteuerung aus seinem Unterbau und schwenkt horizontal nach links oder rechts aus. Der Wagen wird dabei von hydraulischen Stützen gehalten. Der Sattelzug fährt anschließend rückwärts auf den ausgeschwenkten Teil des Waggons auf. Anschließend werden Sattelzugmaschine und – Aufleger getrennt. Zum Verladen und Sichern der Ladeeinheit schwenkt die Ladeplattform nun auf den Waggon zurück und rastet ein. Der Entladevorgang im Zielterminal läuft analog ab.

Das System wird auch in der Ausführung *Megaswing-Duo* angeboten. Dieser größere Waggon kann zwei Sattelaufleger parallel aufladen. Dazu schwenken beide Enden des Wagens seitlich aus. Das Verladen erfolgt analog zur einfachen Variante. Abbildung 23 zeigt das Verladen eines Sattelauflegers mit dem Megaswing-System.

---

<sup>217</sup> Vgl. Plehm, 2015, S. 19.





Abbildung 23: Megaswing-System  
Quelle: hiveminer, o. J., online.

Das *Megaswing*-System benötigt keine weiteren technischen und baulichen Veränderungen. Außerdem kann der Umschlag aufgrund des geringen Platzbedarfes flexibel und unabhängig von den Terminals stattfinden. Nachteilig ist, dass der Prozess nicht automatisiert, sondern durch Steuerung einer Fachperson am Waggon abläuft. Zudem müssen hohe Investitionskosten für die speziellen Waggonen getätigt werden.<sup>218</sup>

Neben dem *Megaswing* und *Megaswing-Duo* arbeiten die beiden Systeme *Modalohr* und *CargoSpeed* nach ähnlichem Prinzip. Der wesentliche Unterschied zu dem *Megaswing*-System besteht darin, dass der Umschlag in speziellen Terminals stattfinden muss. Dies ist damit begründet, dass sowohl bei *Modalohr* als auch bei *CargoSpeed* die Ladefläche der Wagen nicht ausschwenkt, sondern gedreht wird. Dieses Drehen der Ladeflächen erfolgt dabei nicht durch den Wagen selbst, sondern durch im Gleis eingelassene Drehvorrichtungen. Die Drehvorrichtungen drehen den Mittelteil des Wagens so, dass ein Beladen von beiden Enden möglich ist. Somit

---

<sup>218</sup> Vgl. zu den Ausführungen in diesen Absätzen Randelhoff, 2016, online und Wimber, 2012, online.

werden die Sattelzüge nicht durch Rückwärtsfahren auf die Tragwagen verladen. Die Sattelzüge fahren stattdessen vorwärts auf die Ladeflächen der Wagen auf und stellen den Sattelaufleger auf diesen ab.<sup>219</sup>

### **Terminal Anywhere™ (RailRunner)**

Die *Terminal Anywhere™*-Lösung ist ein waggonloses System von *RailRunner* für den wechselseitigen Umschlag nichtkranbarer Sattelaufleger zwischen den Verkehrsträgern Straße und Schiene. Das System besteht aus speziellen Drehgestellen, die als Tragwagen für die Sattelaufleger fungieren. Für den Transport eines Sattelauflegers auf der Schiene werden zwei Drehgestelle benötigt. Dazu wird ein Enddrehgestell mit einem Flurfördermittel auf die Gleise gesetzt. Die Sattelzugmaschine schiebt den Sattelaufleger rückwärts auf dieses Drehgestell auf, bis dieser einrastet. Nach anschließender Entkopplung der Sattelzugmaschine wird ein zweites Drehgestell auf der anderen Seite unter den Sattelaufleger geschoben. Das zweite Drehgestell kann entweder ein beidseitig beladbares Gestell sein für den Fall, dass noch weitere Sattelaufleger aufgeladen werden, oder es ist ein Enddrehgestell und dient als Abschluss. Die Enddrehgestelle werden mit den Eisenbahnwaggons verbunden und bilden somit einen Zug.<sup>220</sup> Abbildung 24 zeigt das Prinzip der *Terminal Anywhere™*-Verladung.



Abbildung 24: Transport mit dem Terminal Anywhere™-System  
Quelle: Ertl, 2019, online.

<sup>219</sup> Vgl. Lohr, o. J., online und Randelhoff, 2016, online.

<sup>220</sup> Vgl. Railrunner, o. J., online.



Der Umschlag der Ladeeinheiten kann bei Vorhandensein von Drehgestellen unabhängig der Terminals stattfinden. Zudem können durch das geringe Gewicht aufgrund des Fehlens der Güterwagen Energiekosten eingespart werden. Als Nachteil ist die Notwendigkeit von zusätzlicher Technik an den Sattelaufliegern zu nennen. Diese müssen mit einem verstärkten Rahmen sowie mit Führungsschienen und Luftleitungen ausgestattet sein. Darüber hinaus dürfen Höhenabmessungen bedingt durch das Lichtraumprofils eingehalten werden.<sup>221</sup>

### **Flexiwaggon, RoLa und Schwimmende Landstraße**

Zuletzt sei erwähnt, dass die in Kapitel 2 erläuterten Ro/Ro-Verkehre (RoLa, Schwimmende Landstraße) ebenso Techniken für den horizontalen Umschlag darstellen. Die Transporteinheiten stellen bei diesen Techniken Sattel- und Lastzüge sowie Lkw dar.

Auch für diese Art des Umschlags werden Konzepte entworfen, die das Verladen optimieren sollen. Hierbei ist das von dem Schweden Jan Eriksson entworfene *Flexiwaggon*-System zu nennen. Ähnlich wie *Megaswing* besteht das System aus speziellen Taschenwagen mit Ladeflächen, deren Vorder- und Rückseite sich seitlich ausschwenken lässt. Die Straßenfahrzeuge fahren auf die Wagen auf und werden automatisch beim Wiedereinfahren der Ladeflächen gesichert. Für die Verladung werden keine bestimmten Terminals und keine zusätzlichen baulichen Maßnahmen benötigt. Anzumerken ist, dass die Wagen technisch komplex gebaut sind, so dass die Wartung dieser relativ aufwändig ist.<sup>222</sup>

Tabelle 6 fasst die horizontalen Umschlagtechniken inklusive der mit diesen Techniken umschlagbaren Ladeeinheiten zusammen.

---

<sup>221</sup> Vgl. Rendelhoff, 2017, online.

<sup>222</sup> Vgl. Flexiwaggon, o. J., online.

<b>Umschlagsystem</b>	<b>Umschlagbare Ladeeinheiten</b>
ACTS	Abrollcontainer
AWILOG	Absetzmulden
BoxMover	ISO-Container Wechselbehälter
BoxTango ContainerMover 3000 Mobiler	ISO-Container Wechselbehälter
CargoBeamer	ISO-Container Wechselbehälter Alle Sattelaufleger
Megaswing Megaswing-Duo Modalohr CargoSpeed	Alle Sattelaufleger
Terminal Anywhere™ (RailRunner)	Alle Sattelaufleger mit entsprechender Technik und Abmessung
Flexiwaggon RoLa Schwimmende Landstraße	Lkw Lastzüge Sattelzüge

Tabelle 6: Horizontale Umschlagtechniken  
Quelle: Eigene Darstellung.

#### 4. Zuordnung der Umschlagtechniken und Gütergruppen

Nachdem die einzelnen Güterarten sowie die Umschlagtechnologien und -konzepte erläutert wurden, soll im Nachfolgenden eine Zuordnung der Techniken und Konzepte zu den Gütern erfolgen. Dazu werden die Güter nach Gruppen der NST 2007 gesehen und den in Kapitel 3 betrachteten Techniken und Konzepte, mit denen ein Umschlag möglich ist, zugeordnet.

##### 4.1 Eingrenzung der betrachteten Gütergruppen

Die NST 2007 besteht aus 20 verschiedenen Gütergruppen, die jeweils in mehrere Untergruppen aufgeteilt sind.<sup>223</sup> In hiesiger Arbeit wird bei den Gütergruppen 05 (Textilien und Bekleidung) und 06 (Holz, etc.) sowie 09 (Sonstige Mineralerzeugnisse) bis 16 (Geräte und Material für die Güterbeförderung) und 18 (Sammelgut) bis 20 (Sonstige Güter) von einer Untergliederung abgesehen, da sich die Ladungsträger, in denen die Güter transportiert werden können, nicht unterscheiden. Im Gegenzug dazu wird bei den

<sup>223</sup> Vgl. Eurostat, o. J., online.

Gruppen 01 (Erzeugnisse der Landwirtschaft) bis 04 (Nahrungs- und Genussmittel) sowie bei den Gütergruppen 07 (Kokereierzeugnisse und Mineralölerzeugnisse) und 08 (Chemische Erzeugnisse) die Untergliederung berücksichtigt. Dies begründet sich dadurch, dass Güter derselben Gruppe mit unterschiedlichen Ladungsträgern transportiert werden, da diese einen anderen Aggregatzustand besitzen, eine konstante Transporttemperatur benötigen oder gesetzlichen Bestimmungen des Transports unterliegen. Zudem wird die Gütergruppe 17 (Umzugsgüter, Fahrzeuge in Reparatur) untergliedert, da die Güter dieser Gruppe mit unterschiedlichen Ladungsträgern verladen werden.

Weiterhin werden in der Gütergruppe 12 (Fahrzeuge) marktbestimmte Fahrzeuge nicht berücksichtigt, da deren Transport keinen Kombinierten Verkehr darstellt.<sup>224</sup> Da der Transport von Fahrzeugteilen die Merkmale des Kombinierten Verkehrs erfüllt, wird die Gruppe 12 (Fahrzeuge) auf diese beschränkt.

Ähnliches gilt für Gütergruppe 15 (Post, Pakete). Der Transport von Postbriefen erfolgt in Deutschland per Lkw, überregionale Sendungen mit Frachtflugzeugen.<sup>225</sup> Da Frachtflugzeuge in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden und Lkw-Direktverkehre kein Kombiniertes Verkehr sind, wird Gruppe 15 (Post, Pakete) auf Paketsendungen beschränkt.

In Gütergruppe 17 sind neben Reisegepäck, Umzugsgütern und Fahrzeugen, die zur Reparatur transportiert werden, Ausrüstungen und Gerüste, weitere nicht marktbestimmte Güter aufgelistet. Da der Transport von Reisegütern wie Koffern und Taschen in der Regel keinen Kombinierten Verkehr darstellt, wird dieser in der Zuordnung nicht betrachtet und zusammen mit den Umzugsgütern und Ausrüstungen zusammengefasst. Gütergruppe 17 umfasst dennoch Fahrzeuge, die zur Reparatur transportiert werden und sonstige nichtmarktbestimmte Güter. Letztere können im Zuge von Ro/Ro-Verkehren verladene Lkw sowie Last- und Sattelzüge sein. Daher werden diese als nicht-marktorientierte Fahrzeugtransporte angesehen.

---

<sup>224</sup> Vgl. Kummer et al. 2010, S. 58.

<sup>225</sup> Vgl. Corsten, Hilke, 1994, S. 144-146.

Des Weiteren werden aus Gründen der Übersichtlichkeit die Sammelgüter der Gruppe 18 (Sammelgut) als palettierte, trockene Stückgüter behandelt.

## 4.2 Methodik zur Zuordnung

Damit eine Zuordnung der Gütergruppen nach NST 2007 zu den Umschlagtechniken und -konzepten erfolgen kann, muss bekannt sein, welche Ladungsträger für die jeweilige Gütergruppe und gegebenenfalls Untergruppe verwendet werden können. Die nachfolgende Abbildung 25 zeigt die im weiteren Verlauf der Arbeit beschriebene Vorgehensweise:



Abbildung 25: Vorgehensweise zur Zuordnung  
Quelle: Eigene Darstellung.

Dazu wird in einem ersten Schritt untersucht, um welche Güterarten es sich in den Gütergruppen respektive Untergruppen handeln kann. Dazu werden die Güter der Gruppen bezüglich ihrer Eigenschaften (beispielsweise Aggregatzustand, Zusammenladungsfähigkeit, etc.) untersucht und diesen die entsprechende Güterarten, die in Kapitel 2.3 analysiert wurden, zugewiesen. Diese Untersuchung erfolgt mittels eines selbst entworfenen Entscheidungsbaums, der im Anhang (II) angeführt ist. So wird beispielsweise zunächst eruiert, ob es sich bei dem Transportgut um Flüssigkeiten und Gase oder feste Stoffe handelt. Je nach Gut bewegt man sich entlang des Baumes zu der nächst tiefer liegenden Entscheidung, bis das Gut identifiziert ist.

Im zweiten Schritt werden die Ladungsträger, mit denen ein Transport der Güter möglich ist, den Gütergruppen zugeteilt. Diese Zuordnung erfolgt für jede Gruppe unabhängig. Mithilfe spezifischer Merkmale werden zudem die

Güterarten gegebenenfalls differenziert, falls deren Transport mit unterschiedlichen Ladungsträgern erfolgen kann.

Das erste betrachtete Merkmal ist die *Rieselfähigkeit* des Gutes. Hiermit kann eine Differenzierung der Schüttgüter erfolgen. Güter wie Getreide und andere pflanzliche Produkte sind rieselfähig und werden daher überwiegend in Silocontainern und Siloaufliegern transportiert, während nicht rieselfähige Güter in Bulkcontainern, Absetzmulden oder anderen Ladungsträgern für Schüttgüter verladen werden.<sup>226</sup>

Als weiteres Merkmal wird die *Notwendigkeit einer Belüftung* untersucht. Dies ist bei leicht verderblichen Gütern sowie lebenden Tier- und Pflanzentransporten von Bedeutung. Je nach Gut kann der Transport entweder in Ventilated-Containern oder in speziellen Sattelaufliegern und Wechselbehältern mit Lüftungsöffnungen erfolgen.<sup>227</sup>

Zuletzt wird ermittelt, ob das Gut eine *konstante Temperatur* respektive eine *Kühlung* im gesamten Transportverlauf benötigt. Diese Untersuchung dient der Abgrenzung von Kühl- und Frischetransporten. Gerade bei Kühltransporten werden spezielle Kühlaufleger und Kühlcontainer mit integrierter Kühlungsregulation verwendet.<sup>228</sup>

In einem letzten Schritt wird mithilfe der in Kapitel 3 gewonnen Erkenntnisse ermittelt, welche Ladungsträger mit welcher Technik respektive welchem Konzept umgeschlagen werden können. Diese Angaben entsprechen den Herstellerangaben der entsprechenden Techniken und Konzepte. Die Ladungsträger werden entsprechend der Tabellen 5 und 6 in Kapitel 3 den Techniken und Konzepten zugeteilt.

---

<sup>226</sup> Vgl. Kraft, 2015, S.180.

<sup>227</sup> Vgl. Burgmann et al., 2019, S. 488-489.

<sup>228</sup> Vgl. Hilger, 2016, S. 42-43.

### 4.3 Zuordnung der Gütergruppen nach NST 2007

Im Nachfolgenden werden die Untersuchungen beispielhaft für die Gütergruppe 02 (Kohle, rohes Erdöl und Erdgas) durchgeführt. Diese besteht aus den Untergruppen 02.1 (Kohle), 02.2 (rohes Erdöl) und 02.3 (Erdgas). Die vollständigen Zuordnungen aller Güterarten sind im Anhang ersichtlich.

#### Schritt 1: Untersuchung der Güterart mittels Entscheidungsbaums

Zunächst wird die Untergruppe 02.1 betrachtet, die das Gut *Kohle* beinhaltet. Entlang des Entscheidungsbaumes (Anhang II) werden nacheinander die Ausprägungen betrachtet: Bei Kohle handelt es sich nicht um Abfall, sondern um ein Gebrauchsgut. Damit kann das nächste Kriterium des Baumes betrachtet werden. Kohle wird nicht in palettierter Form, sondern als Schüttgut transportiert und besitzt zudem einen festen Aggregatzustand. Folglich kann sie der Güterart der *Schüttgüter* zugeordnet werden.

Nach dem gleichen Schema werden die beiden anderen Untergruppen abgearbeitet. Die Untergruppe 02.2 enthält rohes Erdöl. Dieses ist ebenfalls kein Abfall und wird ebenfalls nicht in palettierter Form transportiert. Anders als Kohle ist rohes Erdöl eine Flüssigkeit. Es wird daher der Güterart *Flüssiggut/Gas* zugeteilt. Gleiches gilt für die Erdgase der Untergruppe 02.3. Hierbei handelt es sich um Flüssiggas, also um ein Gas, das der gleichen Güterart *Flüssiggut/Gas* zuzuordnen ist. Tabelle 7 zeigt beispielhaft die Zuordnung der Güterarten der Gütergruppe 02. Im Anhang III ist die vollständige Zuordnung der Gütergruppen zu den Güterarten angefügt.

Gruppe	Bezeichnung		Güterart
02	Kohle, rohes Erdöl und Erdgas		
	02.1	Kohle	Schüttgut
	02.2	Erdöl	Flüssiggut
	02.3	Erdgas	Gas

Tabelle 7: Zuordnung der Güterart  
Quelle: Eigene Darstellung.

## Schritt 2: Zuordnung der Güterarten zu möglichen Ladungsträgern

Nachdem die Güterarten den Gütergruppen zugeordnet wurden, wird analysiert, mit welchen Transportmitteln die Güterarten umgeschlagen werden können. Tabelle 8 zeigt die möglichen Ladungsträger.

Güterart	Ergänzendes Merkmal	Ladungsträger
Stückgut	-	Sattelaufleger Wechselbehälter 20ft-, 40ft-Container EU-Binnen-Container
Schüttgut	-	Absetzmulde Abrollcontainer Bulkcontainer
	Rieselfähig	Siloaufleger Silocontainer
Flüssiggut/Gas	-	Tankcontainer Tankaufleger
Frischegut	Belüftung notwendig	Ventilated-Container Planen-Wechselbehälter Planenaufleger
Kühlgut	Konstante Temperatur/ Kühlung notwendig	Kühlaufleger Kühlcontainer
Abfall	-	Absetzmulde Abrollcontainer Tankcontainer Tankaufleger
Fahrzeuge	-	Lkw, Lastzüge, Sattelzüge

Tabelle 8: Mögliche Ladungsträger der Güterarten  
Quelle: Eigene Darstellung.

Für die beispielhafte Gütergruppe 02 erfolgt mithilfe der im ersten Schritt identifizierten Güterarten die Zuordnung der Ladungsträger. Zuerst wird die Untergruppe 02.1 (Kohle) betrachtet. Diese wurde den nicht rieselfähigen trockenen Schüttgütern zugeordnet. Unter Zuhilfenahme der Tabelle 9 wird erarbeitet, dass Kohle folglich mit den Ladungsträgern mit Absetzmulden, Abrollcontainern und Bulkcontainern transportiert werden kann.

Die Untergruppen 02.2 (rohes Erdöl) und 02.03 (Erdgas) sind der Güterart Flüssigkeit/Gas zugewiesen worden. Diese werden der Tabelle 8 zufolge in Tankaufleger und -container geladen. Die Zuordnung der möglichen Ladungsträger zu den Güterarten der Gütergruppen nach NST 2007 ist in Tabelle 9 dargestellt. Eine vollständige Zuordnung aller Güter nach NST 2007 und Ladungsträger ist im Anhang beigefügt.

Gruppe	Güterart	Mögliche Ladungsträger
02,1	Schüttgut	Absetzmulde, Abrollcontainer, Bulkcontainer
02.2	Flüssiggut	Tankcontainer, Tankauflieger
02.3	Gas	Tankcontainer, Tankauflieger

Tabelle 9: Zuordnung der möglichen Ladungsträger

Quelle: Eigene Darstellung.

### Schritt 3: Zuordnung der Umschlagkonzepte und -techniken

Im letzten Schritt werden die Umschlagtechniken und Konzepte den Gütergruppen zugeordnet. Bei der Zuordnung werden alle Techniken und Konzepte aufgezeigt, mit denen der Umschlag für das jeweilige Gut, gebündelt mit dem Ladungsträger als Ladeeinheit, möglich ist. Tabelle 10 stellt die möglichen Umschlagtechniken und -konzepte für die Güter der Gütergruppe 02 (Kohle, rohes Erdöl und Erdgas) nach NST 2007 dar.

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
02.1	Abrollcontainer	-	ACTS
	Absetzmulde	-	AWILOG
	Bulkcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
02.2 und 02.3	Tankcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Tankauflieger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™

Tabelle 10: Zuordnung der Umschlagtechniken und -konzepte

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Gruppe 02 (Kohle, rohes Erdöl und Erdgas) lässt sich beispielsweise wie folgt zuordnen: Für Kohle aus der Untergruppe 02.1 stehen Absetzmulden, Abrollcontainer sowie Bulkcontainer als Ladungsträger zur Auswahl. Absetzmulden und Abrollcontainer lassen sich mit keiner der in dieser Arbeit



betrachteten vertikalen Umschlagsysteme verladen. Bulkcontainer dagegen können mit allen Techniken umgeschlagen werden. Je nachdem, welcher Ladungsträger vom Verloader gewählt wird, ist der Umschlag entweder mit allen oder keiner in dieser Arbeit beschriebenen Technik möglich.

Für den horizontalen Umschlag eignen sich das ACTS-System und *AWI-LOG*, vorausgesetzt, die Kohle ist in Absetzmulden oder Abrollcontainer geladen. Andernfalls stehen dem Verloader die Systeme *BoxMover*, *BoxTango*, *Containermover 3000* und *Mobiler* zur Auswahl. All diese Systeme sind auf die horizontale Verschiebung von Bulkcontainern ausgelegt. Darüber hinaus kann auch *CargoBeamer*, das ebenfalls fähig ist, Bulkcontainer horizontal umzuschlagen, als Alternative herangezogen werden.

Die Untergruppen 02.2 (rohes Erdöl) und 02.3 (Erdgas) lassen sich ebenso wie die Kohle der Untergruppe 02.1 mit allen vertikalen Techniken umschlagen, vorausgesetzt, sie sind in Tankcontainer geladen. Für Ladungen in Tankaufliegern stehen alle Techniken, ausgenommen die Containerstapler, zur Auswahl. Das ist damit zu begründen, dass zwar nicht alle Tankauflieger kranbar sind, jedoch die Systeme NIKRASA und ISU auch nichtkranbare Auflieger vertikal verladen können. Zudem sind Tankcontainer generell kranbar.

Als horizontale Umschlagsysteme und -konzepte eignen sich wie bei der Kohle die Systeme *BoxMover*, *BoxTango*, *Containermover 3000*, *Mobiler* und *CargoBeamer*. Zusätzlich kann der Umschlag mit den speziell für Satelaufleger konzipierten Systemen *Megaswing/Megaswin-Duo*, *Modalohr* und *CargoSpeed* sowie dem von *Railrunner* entworfenen *Terminal Anywhere™* erfolgen. Die ausführliche Zuordnung der Gütergruppen kombiniert mit ihren möglichen Ladeeinheiten zu den möglichen Umschlagtechniken und -konzepten befindet sich im Anhang V.

#### **4.4 Bewertung der Ergebnisse**

Nachdem eine vollständige Zuordnung der Gütergruppen zu den Umschlagtechniken und -konzepten durchgeführt wurde, können folgende Erkenntnisse gewonnen werden.

Zu erkennen ist, dass trotz verschiedener Güterarten in den Gütergruppen die möglichen Umschlagtechniken und -konzepte, mit denen die Güter zusammen mit ihren Ladeeinheiten umgeschlagen werden können, in vielen Fällen gleich sind. Dies begründet sich daher, dass der überwiegende Teil der Umschlagsysteme und -konzepte für genormte Ladeeinheiten (Wechselbehälter, ISO-Container) ausgelegt ist. So ist der vertikale Umschlag mit dem größten Teil der Gütergruppen möglich. Auch die Verladung der Sattelaufleger ist mit vielen Techniken möglich. Die Entscheidung darüber, in welchen möglichen Ladeeinheiten das Gut transportiert wird, obliegt dem Verloader. Dieser wählt abhängig von der Gütergruppe den möglichen Ladungsträger aus.

Festzustellen ist zudem, dass ein Verladen der Güter in ISO-Container und Wechselbehälter dazu führt, dass der Umschlag dieser Ladeeinheiten mit allen Techniken der vertikalen Systeme möglich ist. Auch mit einer hohen Anzahl an horizontalen Techniken und -konzepten ist der Umschlag von Wechselbehältern und ISO-Containern durchführbar. Dies legt nahe, dass für Güter, die in die entsprechenden Ladungsträger geladen sind, eine größere Auswahl an Umschlagtechniken bereitsteht als für Güter, die in ungenormten und nicht kranbaren Ladeeinheiten versendet werden.

## **5. Fazit und Ausblick**

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Kombinierte Verkehr einen bedeutenden Anteil am Gütertransport von heute und morgen einnimmt. Durch die vermehrte Durchführung der Hauptläufe per Binnenschiff und Eisenbahn können THG reduziert und somit die Umwelt geschont werden. Dabei kann der Transport als Huckepacktransport mit aufgeladenen Sattelauflegern und ganzen Lkw oder als Containerverkehr erfolgen. Bei Letzterem stellen unter anderem ISO-Container und Wechselbehälter die Ladeeinheiten dar.

Damit der Kombinierte Verkehr sich als Alternative zu den Direktverkehren etablieren kann, müssen dessen Transportabläufe einwandfrei funktionieren. Dies betrifft insbesondere die Umschläge der Ladeeinheiten zwischen

den einzelnen Verkehrsmitteln, die zusätzliche Kosten und Zeitverluste nach sich ziehen. Um denen entgegenzuwirken, werden teils staatlich geförderte neue Techniken und Konzepte für die Güterumschläge entwickelt und den Nutzern zur Verfügung gestellt.

Diese Techniken und Konzepte sind in horizontale und vertikale Umschlagssysteme gegliedert. Den vertikalen Techniken gehören diverse Krane, Stapler und Reachstacker an, mit denen kranbare Ladeeinheiten wie ISO-Container und Wechselbehälter verladen werden können. Aber auch nichtkranbare Ladeeinheiten können mit speziellen Systemen wie NIKRASA und ISU kranbar gemacht werden.

Auf der Seite der horizontalen Umschlagssysteme sind die Techniken und Konzepte, die sowohl nichtkranbare als auch kranbare Ladeeinheiten entlang der Ladehöhe umschlagen. Für diese Art des Güterumschlags stehen Techniken wie BoxTango, BoxMover und Mobiler für Wechselbehälter und ISO-Container bereit. Sie basieren allesamt auf dem seitlichen Verfahren der Ladeeinheiten. Daneben werden Sattelaufleger mit Systemen wie CargoBeamer, Modalohr oder dem Terminal Anywhere™ umgeschlagen. Bei Letzterem bilden die Sattelaufleger die Schienenfahrzeuge mithilfe spezieller Module selbst.

Des Weiteren werden spezielle Systeme für Abrollcontainer und Absetzmulden angeboten. Beim ACTS werden die Abrollcontainer von den Schienenfahrzeugen abgerollt und umgekehrt. AWILOG wurde speziell für den parallelen Transport von Absetzmulden auf der Schiene entwickelt. Zudem sind die RoLA und die Schwimmende Landstraße eigens für den Transport von Straßenfahrzeugen auf Güterwagen und Schiffen etabliert. Flexiwagon stellt für das Aufladen der Straßenfahrzeuge auf Güterwagen eine Alternative dar.

Somit steht Verladern eine Vielzahl an Umschlagstechniken und -konzepten im Kombinierten Verkehr zur Auswahl. Die Anfangsfragen, welche Konzepte und Techniken es für den Güterumschlag im Kombinierten Verkehr gibt und in wieweit diese sich unterscheiden, konnte beantwortet werden.

Inwiefern Umschlagtechniken und -konzepte für andere, in dieser Arbeit nicht betrachtete Verkehrsmittel wie beispielsweise Flugzeuge, entwickelt und angeboten werden, muss in weiteren zukünftigen Forschungen untersucht werden. Ebenso muss das Entwicklungs- und Gestaltungspotential des Kombinierten Verkehrs für europaweite und interkontinentale Transporte in weiteren Studien erarbeitet werden.

Die Frage, welche Techniken sich für welche Gütergruppen eignen, konnte mithilfe der NST 2007, in der die Güter in 20 verschiedene Gruppen eingeteilt werden, durch Zuordnung der Techniken und Konzepte beantwortet werden. Dazu wurden zunächst die Güterarten bestimmt, um anschließend deren möglichen Ladungsträger den potenziellen Umschlagtechniken und -konzepten zuzuordnen. Folglich zeigte sich, dass für jede Gütergruppe eine Auswahl an Techniken und Konzepten zur Verfügung steht. Die Verloader können sich je nach Ladungsträger des Gutes für eine Technik entscheiden. Nach welchen Kennzahlen sie diese auswählen, hängt vom Verloader selbst ab und muss in weiteren Forschungen untersucht werden. Dabei können Aspekte der Wirtschaftlichkeit, Umschlaggeschwindigkeit oder Umweltfreundlichkeit eine Rolle spielen.

Ebenso muss in weiteren Untersuchungen analysiert werden, in welchen Ladungsträgern und daraus resultierend mit welcher Technik die Güter am lukrativsten umgeschlagen werden können.

Die angestrebte Verlagerung des Verkehrs von der Straße auf die Schiene und Wasserstraße wird auch in Zukunft die Entwicklung neuer Konzepte vorantreiben. Weitere staatliche Subventionen unterstützen deren Voranschreiten. Zukünftige Konzepte werden stärker auf Nachhaltigkeit und Umweltfreundlichkeit ausgerichtet sein. Innovative Ladungsträger und Konzepte können den Güterumschlag nachhaltig beeinflussen. Inwieweit diese sich für die Güterumschläge eignen werden und sich am Markt gegen etablierte Techniken durchsetzen können, wird sich in den folgenden Jahren zeigen.

## Anhang

### Anhang (I)

#### Gütergruppen nach NST 2007

Gruppe	Bezeichnung
01	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd und Forstwirtschaft; Fische und Fischereierzeugnisse
	01.1 Getreide
	01.2 Kartoffeln
	01.3 Zuckerrüben
	01.4 Anderes frisches Obst und Gemüse
	01.5 Forstwirtschaftliche Erzeugnisse
	01.6 Lebende Pflanzen und Blumen
	01.7 Andere Erzeugnisse pflanzlichen Ursprungs
	01.8 Lebende Tiere
	01.9 Kuh-, Schaf- und Ziegenmilch, roh
	01.A Andere Erzeugnisse tierischen Ursprungs
	01.B Fische und Fischereierzeugnisse
02	Kohle, rohes Erdöl und Erdgas
	02.1 Kohle
	02.2 Erdöl
	02.3 Erdgas
03	Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse; Torf, Uran- und Thoriumerze
	03.1 Eisenerze
	03.2 NE-Metallerze (ohne Uran- und Thoriumerze)
	03.3 Chemische und (natürliche) Düngemittelminerale
	03.4 Salz und Natriumchlorid, Meerwasser
	03.5 Natursteine, Sand, Kies, Ton, Torf, Steine und Erden anderweitig nicht genannt (a.n.g); sonstige Bergbauerzeugnisse
	03.6 Uran- und Thoriumerze
04	Nahrungs- und Genussmittel
	04.1 Fleisch, rohe Häute und Felle, Fleischerzeugnisse
	04.2 Fisch und Fischerzeugnisse, verarbeitet und haltbar gemacht
	04.3 Obst und Gemüse, verarbeitet und haltbar gemacht
	04.4 Tierische und pflanzliche Öle und Fette
	04.5 Milch, Milcherzeugnisse und Speiseeis
	04.6 Mahl- und Schälsmüllerzeugnisse; Stärke und Stärkeerzeugnisse; Futtermittel
	04.7 Getränke
	04.8 Sonstige Nahrungsmittel a.n.g. und Tabakerzeugnisse (außer Paketdienst oder Sammelgut)
	04.9 Sonstige Nahrungsmittel und Tabakerzeugnisse im Paketdienst oder als Sammelgut

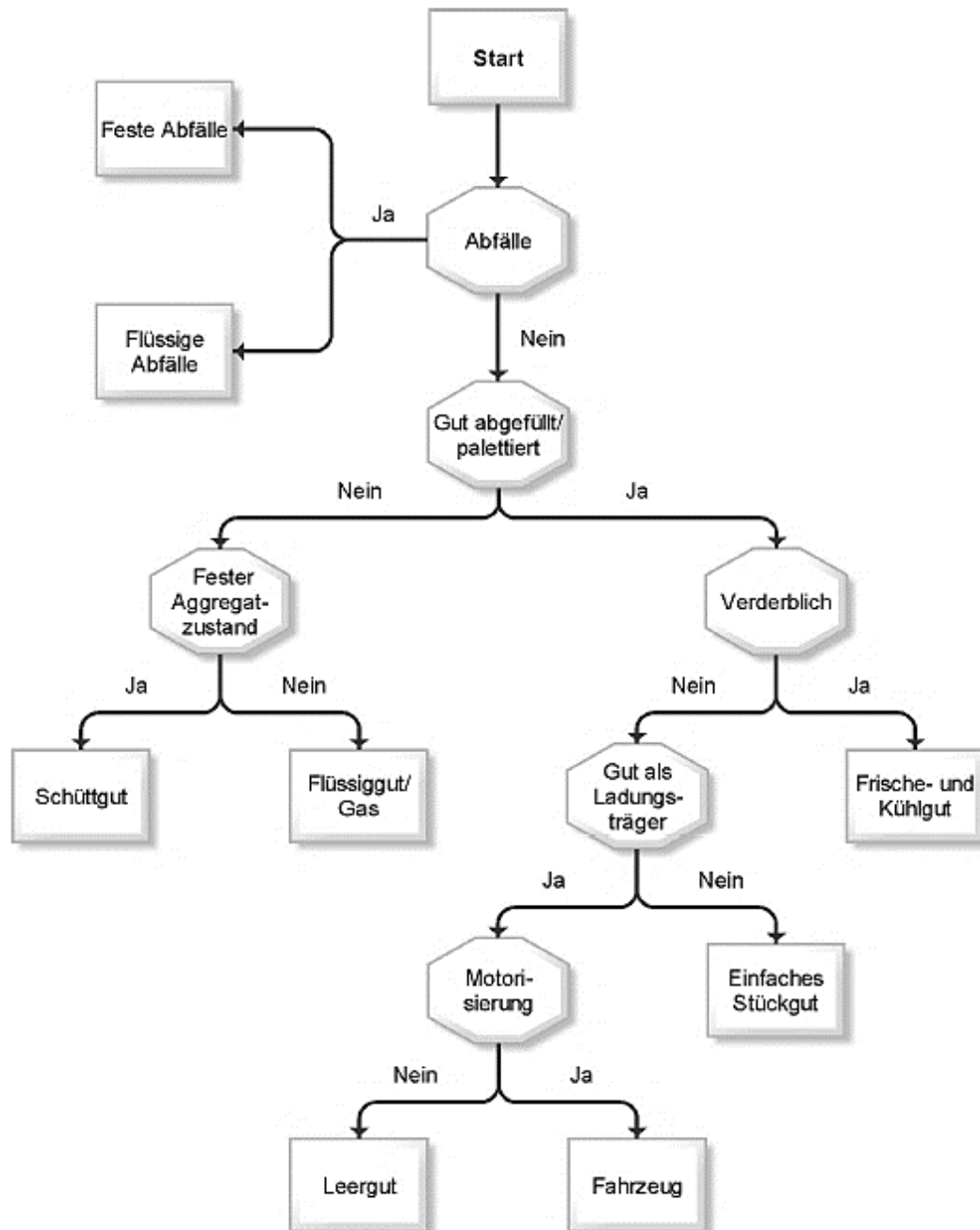
Gruppe	Bezeichnung	
05	Textilien und Bekleidung; Leder und Lederwaren	
	05.1	Textilien
	05.2	Bekleidung und Pelzwaren
	05.3	Leder und Lederwaren
06	Holz sowie Holz-, Kork-, und Flechtwaren (ohne Möbel); Papier, Pappe und Waren daraus; Verlags- und Druckerzeugnisse, bespielte Ton-, Bild und Flechtwaren (ohne Möbel)	
	06.1	Holz-, Kork- und Flechtwaren (ohne Möbel)
	06.2	Papier, Pappe und Waren daraus
	06.3	Verlags- und Druckerzeugnisse, bespielte Ton-, Bild und Datenträger
07	Kokereierzeugnisse und Mineralölerzeugnisse	
	07.1	Kokereierzeugnisse, Briketts und ähnliche feste Brennstoffe
	07.2	Flüssige Mineralölerzeugnisse
	07.3	Gasförmige, verflüssigte oder verdichtete Mineralölerzeugnisse
	07.4	Feste oder wachsartige Mineralölerzeugnisse
08	Chemische Erzeugnisse und Chemiefasern; Gummi und Kunststoffwaren; Spalt- und Brutstoffe	
	08.1	Chemische Grundstoffe, mineralisch
	08.2	Chemische Grundstoffe, organisch
	08.3	Stickstoffverbindungen und Düngemittel (ohne natürliche Düngemittel)
	08.4	Basiskunststoffe und synthetischer Kautschuk, in Primärformen
	08.5	Pharmazeutische und parachemische Erzeugnisse einschließlich Pestizide und andere agrochemische Erzeugnisse
	08.6	Gummi- oder Kunststoffwaren
	08.7	Spalt- und Brutstoffe
09	Sonstige Mineralerzeugnisse	
	09.1	Glas und Glaswaren, Porzellan und keramische Erzeugnisse
	09.2	Zement, Kalk, gebrannter Gips
	09.3	Sonstige Baumaterialien und -erzeugnisse
10	Metalle und Halbzeug daraus; Metallerzeugnisse, ohne Maschinen und Geräte	
	10.1	Roheisen und Stahl; Ferrolegierungen und Erzeugnisse der ersten Bearbeitung von Eisen und Stahl (ohne Rohre)
	10.2	NE-Metalle und Halbzeug daraus
	10.3	Rohre und Hohlprofile; Rohrform-; Rohrverschluss- und Rohrverbindungsstücke
	10.4	Stahl- und Leichtmetallbauerzeugnisse
	10.5	Heizkessel, Waffen und sonstige Metallerzeugnisse
11	Maschinen und Ausrüstungen a.n.g.; Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen; Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung u. Ä.; Nachrichtentechnik, Rundfunk- und Fernsehgeräte sowie elektronische Bauelemente; Medizin-, Mess-, steuerungs- und regelungstechnische Erzeugnisse; optische Erzeugnisse; Uhren	
	11.1	Land- und forstwirtschaftliche Maschinen
	11.2	Haushaltsgeräte a.n.g. (Weiße Ware)
11	11.3	Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen

Gruppe	Bezeichnung	
	11.4	Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung und Übertragungsgeräte
	11.5	Elektronische Bauelemente, Ausstrahlungs- und Übertragungsgeräte
	11.6	Rundfunk- und Fernsehgeräte; Geräte zur Bild- und Tonaufzeichnung oder -wiedergabe (Braune Ware)
	11.7	Medizin-, Mess-, steuerungs- und regelungstechnische Erzeugnisse, optische Erzeugnisse; Uhren
	11.8	Sonstige Maschinen, Werkzeugmaschinen und Teile dafür
12	Fahrzeuge	
	12.1	Erzeugnisse der Automobilindustrie
	12.2	Sonstige Fahrzeuge
13	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte, Spielwaren und sonstige Erzeugnisse	
	13.1	Möbel
	13.2	Sonstige Erzeugnisse
14	Sekundärrohstoffe; kommunale Abfälle und sonstige Abfälle	
	14.1	Hausmüll und kommunale Abfälle
	14.2	Sonstige Abfälle und Sekundärrohstoffe
15	Post, Pakete	
	15.1	Post
	15.2	Pakete, Päckchen
16	Geräte und Material für die Güterbeförderung	
	16.1	Container und Wechselbehälter im Einsatz, leer
	16.2	Palette und anderes Verpackungsmaterial im Einsatz, leer
17	Im Rahmen von privaten und gewerblichen Umzügen beförderte Güter, Gepäckstücke und Gegenstände, die von Reisenden mitgenommen werden; zum Zwecke der Reparatur bewegte Fahrzeuge; sonstige nichtmarktbestimmte Güter a.n.g.	
	17.1	Privates Umzugsgut
	17.2	Gepäckstücke und Gegenstände, die von Reisenden mitgenommen werden
	17.3	Fahrzeuge in Reparatur
	17.4	Ausrüstungen, Gerüste
	17.5	Sonstige nichtmarktbestimmte Güter a.n.g.
18	Sammelgut: eine Mischung verschiedener Arten von Gütern, die zusammen befördert werden	
19	Nicht identifizierbare Güter: Güter, die sich aus irgendeinem Grund nicht genau bestimmen lassen und daher nicht den Gruppen 01-16 zugeordnet werden können	
	19.1	Nicht identifizierbare Güter in Containern oder Wechselbehältern
	19.2	Sonstige nicht identifizierbare Güter
20	Sonstige Güter a.n.g., die anderweitig nicht klassifiziert sind	

Quelle: Eigene Darstellung.

## Anhang (II)

## Güterarten-Entscheidungsbaum



Quelle: Eigene Darstellung.



## Anhang (III)

## Zuordnung der Gütergruppen und Güterarten

Gruppe	Bezeichnung		Güterart
01	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd und Forstwirtschaft; Fische und Fischereierzeugnisse		
	01.1	Getreide	Schüttgut
	01.2	Kartoffeln	Frischegut
	01.3	Zuckerrüben	Frischegut
	01.4	Anderes frisches Obst und Gemüse	Frischegut/Kühlgut
	01.5	Forstwirtschaftliche Erzeugnisse	Frischegut
	01.6	Lebende Pflanzen und Blumen	Frischegut
	01.7	Anderer Erzeugnisse pflanzlichen Ursprungs	Frischegut/ Schüttgut
	01.8	Lebende Tiere	Frischegut
	01.9	Kuh-, Schaf- und Ziegenmilch, roh	Kühlgut
	01.A	Anderer Erzeugnisse tierischen Ursprungs	Frischegut/Kühlgut
	01.B	Fische und Fischereierzeugnisse	Kühlgut
02	Kohle, rohes Erdöl und Erdgas		
	02.1	Kohle	Schüttgut
	02.2	Erdöl	Flüssiggut
	02.3	Erdgas	Gas
03	Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse; Torf, Uran- und Thoriumerze		
	03.1	Eisenerze	Schüttgut
	03.2	NE-Metallerze (ohne Uran- und Thoriumerze)	Schüttgut
	03.3	Chemische und (natürliche) Düngemittelminerale	Schüttgut/ Stückgut
	03.4	Salz und Natriumchlorid, Meerwasser	Schüttgut/ Flüssiggut
	03.5	Natursteine, Sand, Kies, Ton, Torf, Steine und Erden a.n.g.; sonstige Bergbauerzeugnisse	Schüttgut
	03.6	Uran- und Thoriumerze	Schüttgut
04	Nahrungs- und Genussmittel		
	04.1	Fleisch, rohe Häute und Felle, Fleischerzeugnisse	Kühlgut/ Stückgut
	04.2	Fisch und Fischerzeugnisse, verarbeitet und haltbar gemacht	Kühlgut/ Stückgut
	04.3	Obst und Gemüse, verarbeitet und haltbar gemacht	Frischegut/ Stückgut
	04.4	Tierische und pflanzliche Öle und Fette	Stückgut
	04.5	Milch, Milcherzeugnisse und Speiseeis	Kühlgut
	04.6	Mahl- und Schälrmühlerzeugnisse; Stärke und Stärkeerzeugnisse; Futtermittel	Schüttgut
	04.7	Getränke	Stückgut

Gruppe	Bezeichnung		Güterart
4	04.8	Sonstige Nahrungsmittel a.n.g. und Tabakerzeugnisse (außer Paketdienst oder Sammelgut)	Stückgut
	04.9	Sonstige Nahrungsmittel und Tabakerzeugnisse im Paketdienst oder als Sammelgut	Stückgut
05	Textilien und Bekleidung; Leder und Lederwaren		Stückgut
06	Holz sowie Holz-, Kork-, und Flechtwaren (ohne Möbel); Papier, Pappe und Waren daraus; Verlags- und Druckerzeugnisse, bespielte Ton-, Bild und Flechtwaren (ohne Möbel)		Stückgut
07	Kokereierzeugnisse und Mineralölerzeugnisse		
	07.1	Kokereierzeugnisse, Briketts und ähnliche feste Brennstoffe	Schüttgut
	07.2	Flüssige Mineralölerzeugnisse	Flüssiggut
	07.3	Gasförmige, verflüssigte oder verdichtete Mineralölerzeugnisse	Gas/Flüssiggut
	07.4	Feste oder wachsartige Mineralölerzeugnisse	Stückgut
08	Chemische Erzeugnisse und Chemiefasern; Gummi und Kunststoffwaren; Spalt- und Brutstoffe		
	08.1	Chemische Grundstoffe, mineralisch	Stückgut/Flüssiggut
	08.2	Chemische Grundstoffe, organisch	Stückgut/Flüssiggut
	08.3	Stickstoffverbindungen und Düngemittel (ohne natürliche Düngemittel)	Flüssiggut
	08.4	Basiskunststoffe und synthetischer Kautschuk, in Primärformen	Stückgut
	08.5	Pharmazeutische und parachemische Erzeugnisse einschließlich Pestizide und andere agrochemische Erzeugnisse	Stückgut/Flüssiggut
	08.6	Gummi- oder Kunststoffwaren	Stückgut
	08.7	Spalt- und Brutstoffe	Stückgut
09	Sonstige Mineralerzeugnisse		Stückgut
10	Metalle und Halbzeug daraus; Metallerzeugnisse, ohne Maschinen und Geräte		Stückgut
11	Maschinen und Ausrüstungen a.n.g.; Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen; Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung u. Ä.; Nachrichtentechnik, Rundfunk- und Fernsehgeräte sowie elektronische Bauelemente; Medizin-, Mess-, steuerungs- und regelungstechnische Erzeugnisse; optische Erzeugnisse; Uhren		Stückgut
12	Fahrzeuge		Fahrzeuge
13	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte, Spielwaren und sonstige Erzeugnisse		Stückgut
14	Sekundärrohstoffe; kommunale Abfälle und sonstige Abfälle		Abfall
15	Post, Pakete		Stückgut
16	Geräte und Material für die Güterbeförderung		Leergut

Gruppe	Bezeichnung	Güterart
17	Im Rahmen von privaten und gewerblichen Umzügen beförderte Güter, Gepäckstücke und Gegenstände, die von Reisenden mitgenommen werden; zum Zwecke der Reparatur bewegte Fahrzeuge; sonstige nichtmarktbestimmte Güter a.n.g.	
	17.1 Privates Umzugsgut	Stückgut
	17.2 Gepäckstücke und Gegenstände, die von Reisenden mitgenommen werden	Stückgut
	17.3 Fahrzeuge in Reparatur	Fahrzeuge
	17.4 Ausrüstungen, Gerüste	Stückgut
	17.5 Sonstige nichtmarktbestimmte Güter a.n.g.	Hier als Fahrzeuge
18	Sammelgut: eine Mischung verschiedener Arten von Gütern, die zusammen befördert werden	Stückgut
19	Nicht identifizierbare Güter: Güter, die sich aus irgendeinem Grund nicht genau bestimmen lassen und daher nicht den Gruppen 01-16 zugeordnet werden können	Je nach Gut
20	Sonstige Güter a.n.g., die anderweitig nicht klassifiziert sind	Je nach Gut

Quelle: Eigene Darstellung.

## Anhang (IV)

### Zuordnung der Gütergruppen und Ladungsträger

Gruppe	Güterart	Mögliche Ladungsträger
01.1	Schüttgut	Siloflieger, Silocontainer
01.2	Frischegut	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenauflieger
01.3	Frischegut	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenauflieger
01.4	Frischegut/Kühlgut	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenauflieger, Kühlaufleger, Kühlcontainer
01.5	Frischegut	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenauflieger
01.6	Frischegut	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenauflieger
01.7	Frischegut/ Schüttgut	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenauflieger, Siloflieger, Silocontainer
01.8	Frischegut	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenauflieger
01.9	Kühlgut	Kühlaufleger, Kühlcontainer
01.A	Frischegut/Kühlgut	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenauflieger, Kühlaufleger, Kühlcontainer
01.B	Kühlgut	Kühlaufleger, Kühlcontainer
02.1	Schüttgut	Absetzmulde, Abrollcontainer, Bulkcontainer
02.2	Flüssiggut	Tankcontainer, Tankauflieger
02.3	Gas	Tankcontainer, Tankauflieger
03.1	Schüttgut	Absetzmulde, Abrollcontainer, Bulkcontainer
03.2	Schüttgut	Absetzmulde, Abrollcontainer, Bulkcontainer
03.3	Schüttgut/ Stückgut	Bulkcontainer, Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
03.4	Schüttgut/ Flüssiggut	Bulkcontainer, Tankcontainer, Tankauflieger
03.5	Schüttgut	Absetzmulde, Abrollcontainer, Bulkcontainer
03.6	Schüttgut	Absetzmulde, Abrollcontainer, Bulkcontainer
04.1	Frischegut	Kühlaufleger, Kühlcontainer
04.2	Kühlgut	Kühlaufleger, Kühlcontainer
04.3	Frischegut/ Stückgut	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenauflieger, Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
04.4	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
04.5	Kühlgut	Kühlaufleger, Kühlcontainer
04.6	Schüttgut	Siloflieger, Silocontainer
04.7	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
04.8	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
04.9	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container

Gruppe	Güterart	Mögliche Ladungsträger
05	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
06	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
07.1	Schüttgut	Absetzmulde, Abrollcontainer, Bulkcontainer
07.2	Flüssiggut	Tankcontainer, Tankaufleger
07.3	Gas/Flüssiggut	Tankcontainer, Tankaufleger
07.4	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
08.1	Stückgut/ Flüssiggut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container, Tankcontainer, Tankaufleger mit entsprechender Kennzeichnung und Sicherung nach Gefahrgutverordnung
08.2	Stückgut/ Flüssiggut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container, Tankcontainer, Tankaufleger mit entsprechender Kennzeichnung und Sicherung nach Gefahrgutverordnung
08.3	Flüssiggut	Tankcontainer, Tankaufleger mit entsprechender Kennzeichnung und Sicherung nach Gefahrgutverordnung
08.4	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
08.5	Stückgut/ Flüssiggut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container, Tankcontainer, Tankaufleger mit entsprechender Kennzeichnung und Sicherung nach Gefahrgutverordnung
08.6	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
08.7	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
09	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
10	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container, Flat, Plattform, Open-Top-Container
11	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
12	Fahrzeuge	Lkw, Lastzüge, Sattelzüge
13	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
14	Abfall	Abrollcontainer, Absetzmulde, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container, Tankaufleger, Sattelaufleger (Eventuell mit entsprechender Kennzeichnung und Sicherung nach Gefahrgutverordnung)
15	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
16	Leergut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, alle ISO-Container, Abrollcontainer, Absetzmulde
17.1	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container

Gruppe	Güterart	Mögliche Ladungsträger
17.2	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
17.3	Fahrzeuge	Lkw, Lastzüge, Sattelzüge
17.4	Stückgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container
17.5	Fahrzeuge	Lkw, Lastzüge, Sattelzüge
18	Stückgut, Kühlgut, Frischgut	Sattelaufleger, Wechselbehälter, 20ft-, 40ft-Container, EU-Binnen-Container, Flat, Plattform, Open-Top-Container, Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Planenaufleger, Kühlaufleger, Kühlcontainer
19	Je nach Gut	Je nach Gut
20	Je nach Gut	Je nach Gut

Quelle: Eigene Darstellung.

## Anhang (V)

### Zuordnung der Gütergruppen und Umschlagtechniken und -konzepte

Die Bezeichnung „Alle“ beinhaltet alle für diese Kategorie in hiesiger Arbeit betrachteten Systeme.

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
01.1	Silocontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Siloflieger	ISU-System, NIK RASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
01.2 und 01.3	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Planenauflieger	ISU-System, NIK RASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
01.4	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Kühlcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Planenauflieger, Kühlaufleger	ISU-System, NIK RASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
01.5 und 01.6	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Planenauflieger	ISU-System, NIK RASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
01.7	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Silocontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Planenaufleger, Siloaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
01.8	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Planenaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
01.9	Kühlcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Kühlaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
01.A	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Kühlcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Planenaufleger, Kühlaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
01.B	Kühlcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler



Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
01.B	Kühlaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
02.1	Abrollcontainer	-	ACTS
	Absetzmulde	-	AWILOG
	Bulkcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
02.2 und 02.3	Tankcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Tankauflieger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
03.1 und 03.2	Abrollcontainer	-	ACTS
	Absetzmulde	-	AWILOG
	Bulkcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
03.3	20ft-,40ft-Container, EU-Binnencontainer, Bulkcontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
03.4	Bulkcontainer, Tankcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
03.4	Tankauflieger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
03.5 und 03.6	Abrollcontainer	-	ACTS
	Absetzmulde	-	AWILOG
	Bulkcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
04.1	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Kühlcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Planenaufleger, Kühlaufleger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
04.2	Tankcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Tankauflieger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
04.3	Ventilated-Container, Planen-Wechselbehälter, Kühlcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Planenaufleger, Kühlaufleger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
04.4	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
04.4	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
04.5	Kühlcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Kühlaufleger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
04.6	Silocontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Siloaufleger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
04.7 bis 04.9	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
05	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
06	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRAMA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
07.1	Abrollcontainer	-	ACTS
	Absetzmulde	-	AWILOG
	Bulkcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
07.2 und 07.3	Tankcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Tankaufleger	ISU-System, NIKRAMA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
07.4	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRAMA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
08.1 und 08.2	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter, Tankcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger, Tankaufleger	ISU-System, NIKRAMA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
08.3	Tankcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Tankauflieger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
08.4	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
08.5	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter, Tankcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger, Tankauflieger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
08.6 und 08.7	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRSA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
09	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
09	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
10	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
11	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
12	Lkw, Lastzüge, Sattelzüge	-	Flexiwaggon, RoLa, Schwimmende Landstraße
13	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
14	Abrollcontainer	-	ACTS
	Absetzmulde	-	AWILOG
	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
14	Sattelaufleger, Tankaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
15	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
16	Abrollcontainer	-	ACTS
	Absetzmulde	-	AWILOG
	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
17.1, 17.2 und 17.4	20ft-, 40ft-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler
	Sattelaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
17.3 und 17.5	Lkw, Lastzüge, Sattelzüge	-	Flexiwaggon, RoLa, Schwimmende Landstraße
18	Alle ISO-Container, EU-Binnencontainer, Wechselbehälter, Planenwechselbehälter, Kühlcontainer	Alle	BoxMover, BoxTango, CargoBeamer, Cargospeed, Containermover 3000, Mobiler

Gruppe	Ladungsträger	Umschlagtechnik/Umschlagkonzept	
		Vertikal	Horizontal
18	Sattelaufleger, Planenaufleger, Kühlaufleger	ISU-System, NIKRASA, Reachstacker	CargoBeamer, CargoSpeed, Megaswing/Megaswing-Duo, Modalohr, Terminal Anywhere™
19	Je nach Gut	Je nach Gut	Je nach Gut
20	Je nach Gut	Je nach Gut	Je nach Gut

Quelle: Eigene Darstellung.



## Literaturverzeichnis

53. Ausnahmeverordnung zur Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) vom 02.07.1997, abgedruckt in: Bundesgesetzblatt Jahrgang 1997 Teil I Nr. 46, S. 1665

Arnold, D. et al. (2008): Handbuch Logistik, 3., neu bearb. Auflage, Berlin, Heidelberg, 2008

Berndt, Thomas (2001): Eisenbahngüterverkehr, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, 2001

Bichler, K et al. (2017): Kompakt-Lexikon Logistik - 2.250 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden, 3., aktual. Auflage, Wiesbaden, 2017

Blom, F., Halander, N. A. (2003): Logistik-Management - Der Aufbau ganzheitlicher Logistikketten in Theorie und Praxis, 2., erw. Auflage, Renningen, 2003

Brinkmann, B. (2005): Seehäfen - Planung und Entwurf, Berlin, Heidelberg, 2005

Bruckmann, D. (2007): Entwicklung einer Methode zur Abschätzung des containerisierbaren Aufkommens im Einzelwagenverkehr und Optimierung der Produktionsstruktur, zugl. Dissertation Universität Duisburg-Essen, 2006, Duisburg-Essen, 2007

Brügelmann, B. (2003): Der kombinierte Verkehr Schiene-Straße im europäischen Güterverkehrsmarkt - Wechselverkehr BRD-Polen im Kontext der EU-Osterweiterung, zugl. Dissertation Universität Bremen, 2003, Hamburg, 2003

Buchholz, P., Clausen, U. (2009): Große Netze der Logistik - Die Ergebnisse des Sonderforschungsbereichs 559, Berlin, Heidelberg, 2009

Burgmann, S. et al. (2019): Berufskraftfahrer LKW/Omnibus - Lehrbuch und Nachschlagewerk, 23., überarb. und erw. Auflage, München, 2019

Büter, C. (2010): Außenhandel - Grundlagen globaler und innergemeinschaftlicher Handelsbeziehungen, 2., vollst. überarb. und erw. Auflage, Heidelberg, 2010

Clausen, U., Geiger, C. (2013): Verkehrs- und Transportlogistik, 2. Aufl., Berlin, Heidelberg, 2013 (ursprünglich erschienen unter: Buchholz, J., Clausen, U., Vastag, A. (Hrsg.): Handbuch der Verkehrslogistik)

Corsten, H., Hilke, W. (1994): Dienstleistungsproduktion - Absatzmarketing - Produktivität - Haftungsrisiken - Serviceintensität - Outsourcing, Wiesbaden, 1994

DB Schenker (2012): DB SCHENKERocean - Klar Schiff mit DB Schenker, Unternehmens-Broschüre, Wien, 2012

Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN) (1989): Norm DIN 30781-1: Transportkette - Grundbegriffe, Berlin, 1989

Elbert, R., Reinhardt, D. (2016): GenesisKV - Geschäftsentwicklung für nicht kranbare Sattelaufleger mit innovativen Systemen im KV, erschienen im Forschungsbericht des Fachgebiets Unternehmensführung und Logistik der Technischen Universität Darmstadt, Ausgabe 21, Darmstadt, 2016

Francoo, J. C., Lee, C.-Y. (2013): The Critical Role of Ocean Container Transport in Global Supply Chain Performance, in Production and Operations Management Society, 22. Jg. (2013), Nr. 2, S. 253-268

Freek, J., Kraft, U., Süselbeck, G. (2017): Ladungssicherung im Container, 7., kompl. überarb. u. aktual. Auflage, Bobingen, 2017

Friedrichson, J. (1879): Schifffahrts-Lexikon - nebst einem Abriss der Geschichte der Schifffahrt und ihrer Entwicklung, Hamburg, 1879

Furmans, K., Kilger, C. (2019): Betrieb von Logistiksystemen, Berlin, 2019

Grob, R. (2015): Transportketten - Intermodale Verkehre, in Mobilität, 22. Jg. (2015); Nr. III-VII, S. 25-27

Grote, K.-H., Feldhusen, J. (2011): Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau, 23., neu beab. und erw. Auflage, Berlin, Heidelberg, 2011

Gudehus, T. (2012): Logistik 2 - Netzwerke, Systeme und Lieferketten, 4. aktual. Aufl., Berlin, Heidelberg, 2012

Gutenschwager, K. (2002): Online-Dispositionsprobleme in der Lagerlogistik - Modellierung-Lösungsansätze-praktische Umsetzung, Berlin, Heidelberg, 2002

Haasis, H.-D. (2008): Produktions- und Logistikmanagement: Planung und Gestaltung von Wertschöpfungsketten, Wiesbaden, 2008

Hadeler, T., Winter, E. (2000): Gabler Wirtschaftslexikon - Die ganze Welt der Wirtschaft: Betriebswirtschaft - Volkswirtschaft - Recht - Steuern, 15., vollst. überarb. u. aktual. Auflage, Wiesbaden, 2000

Hähnchen, R. (1932): Winden und Krane - Aufbau, Berechnung und Konstruktion, Berlin, 1932

Harris, I., Wang, Y., Wang, H. (2014): ICT in multimodal transport and technological trends - unleashing potential for the future, in International Journal of Production Economics, 133. Jg. (2015), Ausgabe 159, S. 88-103

Hasenbilcher, H.-P. et al. (2019). Handbuch der Donauschifffahrt, 4. Auflage, Wien, 2019

Hilger, M. (2016): Einsatzoptimierte Fahrzeuge, Aufbauten und Anhänger, Wiesbaden, 2016

Hofmann, E., Mathauer, M. (2018): Kombinierte Verkehr hängt unimodale Alternativen ab - Eine Preisstrukturanalyse im internationalen Seehafenhinterlandverkehr von Rotterdam nach Zürich, in Internationales Verkehrswesen, 70. Jg. (2018), Ausgabe 3, S. 47-49

Jünemann, R. (1989): Materialfluß und Logistik - Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen, Berlin, Heidelberg, 1989

Klaus, P., Krieger, W. (2008): Gabler Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 4., komplett durchges. und aktual. Auflage, Wiesbaden, 2008

Koch, J. (1997): Die Entwicklung des Kombinierten Verkehrs - Ein Trajekt im Eisenbahnparadigma, Wiesbaden, 1997

Koch, S. (2012): Logistik - Eine Einführung in die Ökonomie und Nachhaltigkeit, Frankfurt, 2012

Kocian-Dirr, C. (2019): Betriebswirtschaftslehre - Schnell erfasst, Berlin, 2019

Koller, C., Pflüger, W., Roestel, A.-A. (2006): Maritime Wirtschaft und Transportlogistik - Band B: Perspektiven für maritime Wirtschaft und Transportlogistik - Strategieansätze aus Unternehmens- und Investorensicht, Hamburg, 2006

Korf, W. (2008): Lorenz 1 - Leitfaden für Spediteure und Logistiker in Ausbildung und Beruf, 21., überarb. und erw. Auflage, Bobingen, 2008

Kotzab, H., Unseld, H.-G. (2015): Ein getakteter kombinierter Ladungsverkehr? In: Disruptive Innovationen für ein zeitpräzises Anlieferkonzept für Unternehmen mit robuster Produktion über ein multimodales Logistiknetzwerk, Industriemanagement 31, 2015, S. 41-44.

Kraft, U. (2015): CTU-Guide - auf der Basis des amtlichen CTU-Code-Textes, Hamburg, 2015

Kraftfahrzeugsteuergesetz 2012 (KraftStG 2012) in der Fassung vom 26.9.2002 (BGBl. I S. 139) § 3 Nr. 9

Krampe, H., Lucke, H.-J., Schenk, M. (2012): Grundlagen der Logistik - Einführung in Theorie und Praxis logistischer Systeme, 4., völlig neu bearb. und erw. Auflage, München, 2012

Kranke, A., Schmied, M., Schön, A. D. (2011): CO2-Berechnung in der Logistik - Datenquellen, Formeln, Standards, München, 2011

Kummer, S. et al. (2009): Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik, 2., aktual. Auflage, München, 2009

Kummer, S. et al. (2010): Einführung in die Verkehrswirtschaft, 2., überarb. und aktual. Auflage, Wien, 2010

Leitner, Wolfgang (2015): Logistik, Transport und Lieferbedingungen als Fundament des globalen Wirtschaftens - Eine Einführung, überarb. Auflage, Wiesbaden, 2015

Martin, H. (2011): Transport- und Lagerlogistik - Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 8., überarb. und erw. Auflage, Wiesbaden, 2011

Matthes, G. (2018): Mitarbeiterschulung Gefahrgut - Schulung/Unterweisung für Straße, Schiene und See, 12., überarb. und erw. Auflage, Landsberg am Lech, 2018

Muchna, C. et al. (2018): Grundlagen der Logistik - Begriffe, Strukturen, Prozesse, Wiesbaden, 2018

Plehm, M. (2015): Sattelanhänger im Kombinierten Verkehr - Wohin geht die Reise? - Ein Überblick mit Perspektive, in Güterbahnen, 7. Jg. (2015), Ausgabe 1, S. 17-20

Schach, R., Otto, J. (2017): Baustelleneinrichtung - Grundlagen - Planung - Praxishinweise - Vorschriften und Regeln, 3., überarb. Auflage, Wiesbaden, 2017

Scheffler, M., Feyrer, K., Martin, K. (1998): Fördermaschinen - Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge, Wiesbaden, 1998

Schieck, A. (2008): Internationale Logistik - Objekte, Prozesse und Infrastrukturen grenzüberschreitender Güterströme, München, 2008

Schmidt, E. (2003): Verladen mit dem Mobiler® - Von der Idee zum Konzept, in Hebezeuge und Fördermittel, 43. Jg. (2003), Ausgabe 9, S. 390-392

Schönknecht, A. (2009): Maritime Containerlogistik - Leistungsvergleich von Containerschiffen in intermodalen Transportketten, Berlin, Heidelberg, 2009

Seidelmann, C. (1997): Der Kombinierte Verkehr - ein Überblick, in Internationales Verkehrswesen, 49. Jg. (1997), Ausgabe 6, S. 321-324

Seidelmann, C. (2010): 40 Jahre Kombiniertes Verkehr StraÙe-Schiene in Europa Vom Huckepackverkehr zum Intermodalen Transportsystem, Frankfurt am Main, 2010

StraÙenverkehrsordnung 2013 (StVo 2013) in der Fassung vom 06.03.2013 (BGBl. I S. 367) § 30 Abs. 3

Thaller, C., et al. (2017): KEP-Verkehr in urbanen Räumen - Verkehrs- und Logistikkonzepte zur effizienten Güterverkehrsabwicklung, in Tagungsband: Prof. H. Fojcik, T.M. (Hrsg.): Innovative Produkte und Dienstleistungen in der Mobilität - Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte (2017), S. 443-456

Trafico Verkehrsplanung (1998): Umschlagsysteme für den kombinierten Verkehr unter besonderer Berücksichtigung des Horizontalumschlages und der Eignung für den alpenquerenden Güterverkehr - Endbericht, durchgeführt im Auftrag der Alpeninitiative Schweiz, Wien, 1998

Vahrenkamp, R., Kotzab, H. (2012): Logistik - Management und Strategien, 7., überarb. und erw. Auflage, München, 2012

Warmer, C. (2018): Analyse, Gestaltung und Optimierung des Transports von Teilladungen im interkontinentalen Seeverkehr, zugel. Dissertation Universität Hohenheim, 2017, Wiesbaden, 2018

## Verzeichnis sonstiger Quellen

Allianz pro Schiene (2019): Kombinierte Verkehr: Wie die Verkehrsverlagerung in Deutschland gelingt - 8. Nationale Konferenz Güterverkehr und Logistik & "Tag des Kombinierten Verkehrs", URL: <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/aktuell/kombinierter-verkehr-wie-die-verkehrs-verlagerung-in-deutschland-gelingt/>, 05.12.2019

Awilog (o. J.): Das System AWILOG, URL: [https://awilog.de/Popups/z\\_30.html](https://awilog.de/Popups/z_30.html), 13.01.2020

Awilog (o. J.): Technik, URL: <https://awilog.de/Technik/index.html>, 13.01.2020

BAG (2019): Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr - Kurzfristprognose Sommer 2019, durchgeführt im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, München/Köln, 2019, URL: [https://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Verkehrsprognose/Verkehrsprognose\\_Sommer\\_2019.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bag.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Verkehrsprognose/Verkehrsprognose_Sommer_2019.pdf?__blob=publicationFile), 17.12.2019

Bektas, T., Crainic, T. G. (2007): A Brief Overview of Intermodal Transportation, erschienen auf cirrelet.ca, URL: <http://www.cirrelet.ca/Documents/sTravail/CIRRELT-2007-03.pdf>, 29.11.2019

Bildarchiv Hamburg (o. J.): Ein Portalhubwagen / van carrier transportiert einen Container im Hamburger Hafen, URL: <https://bildarchiv-hamburg.com/photo/portalhubwagen-carrier-transportiert-einen-container-hamburger-hafen-rhczzqayvs>, 07.01.2020

Binnenschifffahrt (2018): Kühlcontainer-Stapler von Hyster erhält Zulassung, URL: <https://binnenschifffahrt-online.de/2018/06/schiffstechnik/3874/kuehlcontainer-stapler-von-hyster-erhaelt-zulassung/>, 08.01.2020

Binnenschifffahrt (2019): Neuer Reachstacker im bayernhafen Bamberg, URL: <https://binnenschifffahrt-online.de/2019/06/haefen-wasserstrassen/7288/neuer-reachstacker-im-bayernhafen-bamberg/>, 08.01.2020

Boxmover (o. J.): Anwendungen, URL: <http://www.boxmover.gmbh/anwendungen-konzepte-fuer-den-kombinierten-ladungsverkehr/>, 13.01.2020

BoxTango (o. J.): Das ist BoxTango, URL: <http://boxtango.com/de/startseite/>, 13.01.2020

BoxTango (o. J.): Umschlagtechnik, URL: <http://boxtango.com/de/angebote/#umschlag--technik>, 13.01.2020

Branner (o. J.): Abrollcontainer, URL: <https://www.branner-entsorgung.at/containersysteme/abrollcontainer/>, 17.12.2019

Braun, M. (2012): Containertransport - Ein Alleskönner geht an den Start, URL: <https://www.eurotransport.de/artikel/containertransport-ein-alleskoenner-geht-an-den-start-622552.html>, 19.12.2019

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): Richtlinie zur Förderung von Umschlaganlagen des Kombinierten Verkehrs nicht bundeseigener Unternehmen, URL: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/foerderrichtlinie-von-umschlaganlagen-des-kombinierten-verkehrs.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/E/foerderrichtlinie-von-umschlaganlagen-des-kombinierten-verkehrs.pdf?__blob=publicationFile), 03.12.2019

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2018): Kombi- niierter Verkehr - Die Zukunft ist intermodal, URL: [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/flyer-kombinierter-verkehr.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/flyer-kombinierter-verkehr.pdf?__blob=publicationFile), 29.11.2019

Cargobeamer (o. J.): Technologie, URL: <https://www.cargobeamer.com/Technologie-758631.html>, 13.01.2020

Colourbox (o. J.): Sattelaufleger, URL: <https://www.colourbox.de/bild/das-bild-des-auflegers-unter-dem-weissen-hintergrund-bild-1647203>, 12.12.2019

Economic Commission for Europe (UN/ECE) (2001): Terminologie des kombinierten Verkehrs, URL: <http://rusregister-com.1gb.ru/doc/combinedtransportationterminology.pdf>, 04.12.2019.

Ertl, A. (2019): Insolvenz bei Railrunner - Infrastrukturprobleme und Zahlungsziele als Auslöser, URL:

<https://www.eurotransport.de/artikel/insolvenz-bei-railrunner-aus-fuer-intermodale-innovation-10654200.html>, 14.01.2020

Europäische Kommission (EC) (2007): Verordnung (EG) Nr. 1304/2007 Der Kommission vom 7. November 2007 zur Änderung der Richtlinie 95/64/EG des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1172/98 des Rates sowie der Verordnungen (EG) Nr. 91/2003 und (EG) Nr. 1365/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Einführung der NST 2007 als einheitliche Klassifikation für in bestimmten Verkehrszweigen beförderte Güter, URL: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2007.290.01.0014.01.DEU](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=uriserv:OJ.L_.2007.290.01.0014.01.DEU), 19.12.2019

Europäischen Konferenz der Verkehrsminister (CEMT) (2015): Bekanntmachung der Resolution des Ministerrates der Europäischen Konferenz der Verkehrsminister (CEMT) zum Leitfaden für Regierungsbeamte und Transportunternehmen für die Verwendung des Multilateralen CEMT-Kontingents, URL:

[https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/text.xav?SID=&tf=xaver.component.Text\\_0&toctf=&qmf=&hlf=xaver.component.Hitlist\\_0&bk=bgbl&start=%2F%2F\\*%5B%40node\\_id%3D%27405698%27%5D&skin=pdf&tlevel=-2&nohist=1](https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/text.xav?SID=&tf=xaver.component.Text_0&toctf=&qmf=&hlf=xaver.component.Hitlist_0&bk=bgbl&start=%2F%2F*%5B%40node_id%3D%27405698%27%5D&skin=pdf&tlevel=-2&nohist=1), 12.12.2019

Eurostat (o. J.): Klassifikation - Einheitliches Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik, 2007, URL:

[https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST\\_NOM\\_DTL&StrNom=NST\\_2007&StrLanguageCode=DE&IntPckKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC&IntCurrentPage=1](https://ec.europa.eu/eurostat/ramon/nomenclatures/index.cfm?TargetUrl=LST_NOM_DTL&StrNom=NST_2007&StrLanguageCode=DE&IntPckKey=&StrLayoutCode=HIERARCHIC&IntCurrentPage=1), 19.12.2019

Eurotransport (2019): Güterverkehre mit der Bahn - So verlagern Speditionen auf die Schiene, URL: <https://www.eurotransport.de/artikel/so-verlagern-speditionen-auf-die-schiene-10741314.html>, 12.12.2019



Flexiwaggon (o. J.): The mobile Truckstop, URL: <https://www.flexiwaggon.se/about-flexiwaggon/>, 14.01.2020

Hafner, B. (2019): Lkw-Chassis huckepack auf die Schiene, URL: <https://blog.railcargo.com/artikel/lkw-chassis-huckepack-auf-schiene.html>, 09.01.2020

Hanrieder Nutzfahrzeuge (o. J.): Wechselpritschen, URL: <https://www.hanrieder-nutzfahrzeuge.de/wechselpritschen.html>, 09.01.2020

Hiveminer (o. J.): Kockums - Megaswing, URL: <https://hiveminer.com/Tags/kockums%2Cmegaswing>, 14.01.2020

Ickert, L., et al. (2007): Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050, Auftraggeber Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Basel, URL: <https://dvpi.de/downloads/eu-kraftfahrer/Gueterverkehrs-prognose-2050.pdf>, 03.12.2019

Innovatrain (o. J.): Schlanke und leise Umschlagtechnik, URL: <http://www.innovatrain.ch/de/containermover/>, 13.01.2020

ISU (o. J.): Präsentation - Innovativer Sattelaufleger Umschlag, URL: <http://www.isu-system.de/indexde.htm>, 07.01.2020

Klotz, H. (2014): Nikrasa macht Trailer kombifähig, URL: <https://www.dvz.de/rubriken/land/kombinierter-verkehr/detail/news/nikrasa-macht-trailer-kombifaehig.html>, 09.01.2020

Kombiverkehr (2019): transport logistic – Nationale Streckennetzkarte, URL: [https://www.kombiverkehr.de/de/presse/transport\\_logistic/](https://www.kombiverkehr.de/de/presse/transport_logistic/), 04.02.2020

Krafotec (2016): TEICHMANN KRANE modernisiert Containerportalkran für neues Logistik-Center im Duisburger Hafen, URL: <https://www.krafotec.de/unternehmen/news/einzelansicht/teichmann-krane-modernisiert-containerportalkran-fuer-neues-logistik-center-im-duisburger-hafen-1/>, 07.01.2020

KTB (o. J.): Geschäftsbereich Terminal, URL: <http://www.kt-burghausen.de/leistungen/terminal/>, 17.12.2019

Kuhn, S. (2019): Auswärtsspiel für die Wanne-Herner Eisenbahn, URL: <https://www.halloherne.de/artikel/-30891.htm>, 09.01.2020

Lohr (o. J.): Das LOHR-System, URL: <https://lohr.fr/de/lohr-railway-system/das-lohr-system/>, 14.01.2020

Metzeler, D. (2013): 25 Jahre ACTS: Schiene und Strasse erfolgreich kombiniert, URL: <https://blog.sbbcargo.com/6932/25-jahre-acts-schiene-und-strasse-erfolgreich-kombiniert/>, 17.12.2019

RailMotion (o. J.): Das ACTS-System (Abroll-Container-Transport-System) verbindet die Vorteile des Schienentransports mit der Flexibilität der Strasse, URL: <http://www.railmotion.com/site/DE/ACTS-System/>, 09.01.2020

Railrunner (o. J.): Terminal Anywhere™ -Lösung, URL: <https://railrunner.com/terminal-anywhere-solution/>, 14.01.2020

Randelhoff, M. (2010): Drei weitere Konzepte für den modernen Güterumschlag: CargoRoo, ResoR@il und ISU, URL: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/1291/konzepte/konzept-gueterumschlag-cargoroo-resorail-isu-aufliieger/>, 09.01.2020

Randelhoff, M. (2016): Megaswing - das eigene intermodale Terminal, URL: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/1400/konzepte/megaswing-das-eigene-intermodale-terminal/>, 14.01.2020

Randelhoff, M. (2016): CargoSpeed - Symbiose aus RoRo und LoLo, URL: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/1278/konzepte/cargospeed-symbiose-aus-roro-lolo/1278/>, 14.01.2020

Randelhoff, M. (2017): RailRunner Terminal Anywhere – Schiene/Straße-Umschlag ohne Portalkräne oder teure Terminaltechnik, URL: <https://www.zukunft-mobilitaet.net/165737/konzepte/railrunner-terminal-anywhere-umschlagtechnik-verladung-strasse-schiene-klv/>, 14.01.2020

SGKV (o. J.): Der Kombinierte Verkehr - Vorteile des KV, URL: <http://www.sgkv.de/de/der-kombinierte-verkehr/vorteile-des-kv>, 03.12.2019

SGKV (2007): Technik im Kombinierten Verkehr, in SGKV-Rundschreiben, Mai 2007, S. 32-34, URL: [http://www.isu-system.de/pdf/SGKV\\_Rs2007-05\\_Auszug%20ISU.pdf](http://www.isu-system.de/pdf/SGKV_Rs2007-05_Auszug%20ISU.pdf), 09.01.2020

Svetruck (o. J.): Stapler für beladene Container, URL: <https://www.svetruck.se/de/containerstapler/>, 08.01.2020

TIS - Transport Informations Service (o. J.): Flüssiggut, URL: <http://www.tis-gdv.de/tis/taz/f/fluessiggut.htm>, 20.12.2020

Tradetrans (2011): Erster ISU-Zug zwischen Wels und Curtici, URL: <http://www.tradetrans.com/content/first-isu-train-between-wels-and-curtici>, 09.01.2020

Transfracht (2019): Zahlen, 50 Jahre Faszination im Kombinierten Verkehr, URL: <https://www.transfracht.com/unternehmen/unternehmensprofil.html>, 04.12.2019

TXLogistik (o. J.): Leistungen - NIKRASA, URL: <https://www.txlogistik.eu/leistungen/nikrasa/>, 07.01.2020

Volvo Penta (2017): Kalmar wählt Volvo Penta für Stage 5, URL: <https://www.volvopenta.com/industrialoffroad/en/en/news/2017/mar/kalmar-selects-volvo-penta-for-stage-v.html>, 08.01.2020

Wimbler, A.-C. (2012): Der Megaswing braucht kein Terminal, URL: <https://www.dvz.de/rubriken/land/schiene/detail/news/der-megaswing-braucht-kein-terminal.html>, 14.01.2020

Zacher, J. et al. (1997): Kiestransport auf der Straße - Konzeptstudie für den Kiestransport in den Regionen Bodensee-Oberschwaben und Neckar-Alb, im Auftrag der Regionalverbände Neckar-Alb und Bodensee-Oberschwaben, URL: [https://www.rvna.de/site/Regionalverband+Neckar+Alb/get/params\\_E205285237/1204288/kiestransport\\_auf\\_der\\_schiene-1997.pdf](https://www.rvna.de/site/Regionalverband+Neckar+Alb/get/params_E205285237/1204288/kiestransport_auf_der_schiene-1997.pdf), 13.01.2020

**Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbst verfasst habe. Ich versichere, alle Hilfsmittel und benutzten Quellen vollständig angegeben zu haben.

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass die elektronische Fassung des Werkes mit der für die Benotung abgegebenen Version übereinstimmt und dem digitalen Format bei der Abgabe von Prüfungs- und Studienleistungen im Fachbereich ALP entspricht.

Weder wurde die Arbeit bereits veröffentlicht, noch war sie insgesamt oder in Teilen in gleicher oder ähnlicher Fassung Bestandteil einer Studien- oder Prüfungsleistung.



Sascha Alt

(Pirmasens, 05.02.2020)